
أطلس
الصخور والمعادن

بسم الله الرحمن الرحيم



الرقم الدولي : ISBN 9953-61-408-3

الموضوع : علوم

العنوان : اطلس الصخور والمعادن

ترجمة : عماد الدين افندي

مراجعة : د.سائر بصمه جي

الصفحات : 160

الطبعة الأولى : 2014



Beirut - Lebanon بيروت - لبنان

ص.ب: 11/6918 الرمز البريدي: 11072230 تلفاكس: 01 701668

Aleppo - Syria حلب - سوريا

ص.ب: 415 هاتف: 2116441/2115773 فاكس: 2125966

www.afash.aleppodir.com email: afashco1@scs-net.org

This edition has been produced with a subsidy by the **Spotlight on Rights** programme in Abu Dhabi.

تم إصدار هذا الكتاب بدعم من برنامج **أضواء على حقوق النشر** في أبوظبي.





المحتويات

الصخور والمعادن

ما هو أكثر ما تراه من حولك؟ لو نظرت بعناية وتأملت ستجد أنها الصخور. إنها موجودة في الطرقات والجدران والمنازل والحدائق وفي كل ما حولنا بأشكال مختلفة. الصخور هي أكثر ما ينتشر على الأرض لأن القشرة أو الغطاء الخارجي للأرض ليس إلا صخوراً بأشكال مختلفة.

الصخرة الثالثة

كوكب الأرض هو قطعة صخرية عملاقة كثيراً ما يطلق عليها بالصخرة الشمسية الثالثة. قد لا تصدق ذلك ولكن الصخور في باطن الأرض تختلف كثيراً عما نراه من حولنا. فهي توجد غالباً في حالتها المصهورة بسبب وجود الحرارة والضغط الشديدين في باطن الأرض.

القشرة الأرضية

القشرة الأرضية هي طبقة رفيعة وصلبة من الصخور تغطي الأرض. وسماكتها ليست واحدة، فهي تتراوح بين 80 كم إلى أقل من 1 كم في بعض الأماكن. أثخن أجزاء هذه القشرة هي ما نعرفه على شكل قارات، أما الطبقات الرقيقة فهي تلك المملوءة بامتدادات واسعة من الماء تدعى المحيطات. القشرة هي أهم طبقات الأرض بالنسبة للكائنات الحية مع أنها لا تشكل إلا نصف بالمئة من إجمالي كوكب الأرض.



المركبات المعدنية والصخور

تتألف الصخور من ترسبات صلبة من المركبات المعدنية. ولكن ليست كل تلك المركبات صخوراً. تشمل المركبات الفلزات المعدنية كالذهب والفضة والنحاس، كما تضم مواد متبلرة كالملح والكوارتز. ومع أن الصخور توجد حولنا على شكل جبال وصحارى ومختلف التضاريس الداعمة للحياة إلا أن المعادن لا يمكن رؤيتها في شكلها الصرف في الطبيعة إلا نادراً.

الجيولوجيا

يُعنى علم الجيولوجيا بدراسة الأرض. ويدرس عالِم الجيولوجيا الأرض من حيث خائصها وسلوكها وبنيتها وتركيبها وتاريخها الجيولوجي. لعلم الجيولوجيا فروع كثيرة منها الجيولوجيا التركيبية وعلم الصخور وعلم المعادن وعلم الإحاثات والجيولوجيا المائية والجيولوجيا الطبقية والجيولوجيا الجليدية والفيزياء الجيولوجية والجيومورفورلوجيا وجيولوجيا البراكين والجيولوجيا المعدنية والجيولوجيا الهندسية. ولا يقتصر عمل هؤلاء المختصين بدراسة تشكيل ونشوء وتركيب الأرض، بل إنهم يستخدمون هذه الدراسات لفهم الكوارث الطبيعية والتنبؤ بقرب حدوثها كالزلازل والبراكين وموجات تسونامي والأعاصير.

حقائق مهمة

- بنيت مدينة ماتيرا الإيطالية القديمة من الصخور والكهوف الطبيعية، ويعيش السكان في هذه المنازل التي بناها أسلافهم قبل حوالي 9000 عام.
- استعمل المصريون القدماء بودرة اللازورد كظل للعين، واستخدم سكان ما بين النهرين المجوهرات لصناعة الخرز في حوالي سنة 5000 ق.م.

الأنتشار في الطبيعة

توجد الصخور والمركبات المعدنية بشكل طبيعي في الأرض، أي أن الإنسان ليس له علاقة بتشكيلها. وتعد الصخور والمركبات المعدنية مواد غير عضوية لأنه لا يدخل في تركيبها أي كائن عضوي. الفولاذ ليس من المركبات المعدنية بل هو مزيج منها يصنعه الإنسان. كذلك فإن اللؤلؤ الطبيعي ليس من المركبات المعدنية لأنه ينتج عن كائنات حية تعيش في المحيطات.



ماهي الصخور؟

الصخر هو مادة طبيعية تتألف من مركبات معدنية وفتات صخرية. تتألف الطبقة الخارجية الصلبة من الأرض تعطي اسمها لهذه الطبقة التي تدعى بالغلاف الصخري Lithosphere. تتألف الصخور من البلورات الصلبة لمركبات معدنية مختلفة، وقد تشكلت بعمليات طبيعية عبر الأزمنة المختلفة من تاريخ الأرض. وقد تجتمع المركبات المعدنية المتشكلة في أوقات مختلفة إلى بعضها لتشكل معاً صخوراً جديدة.

أشكال وأحجام الصخور

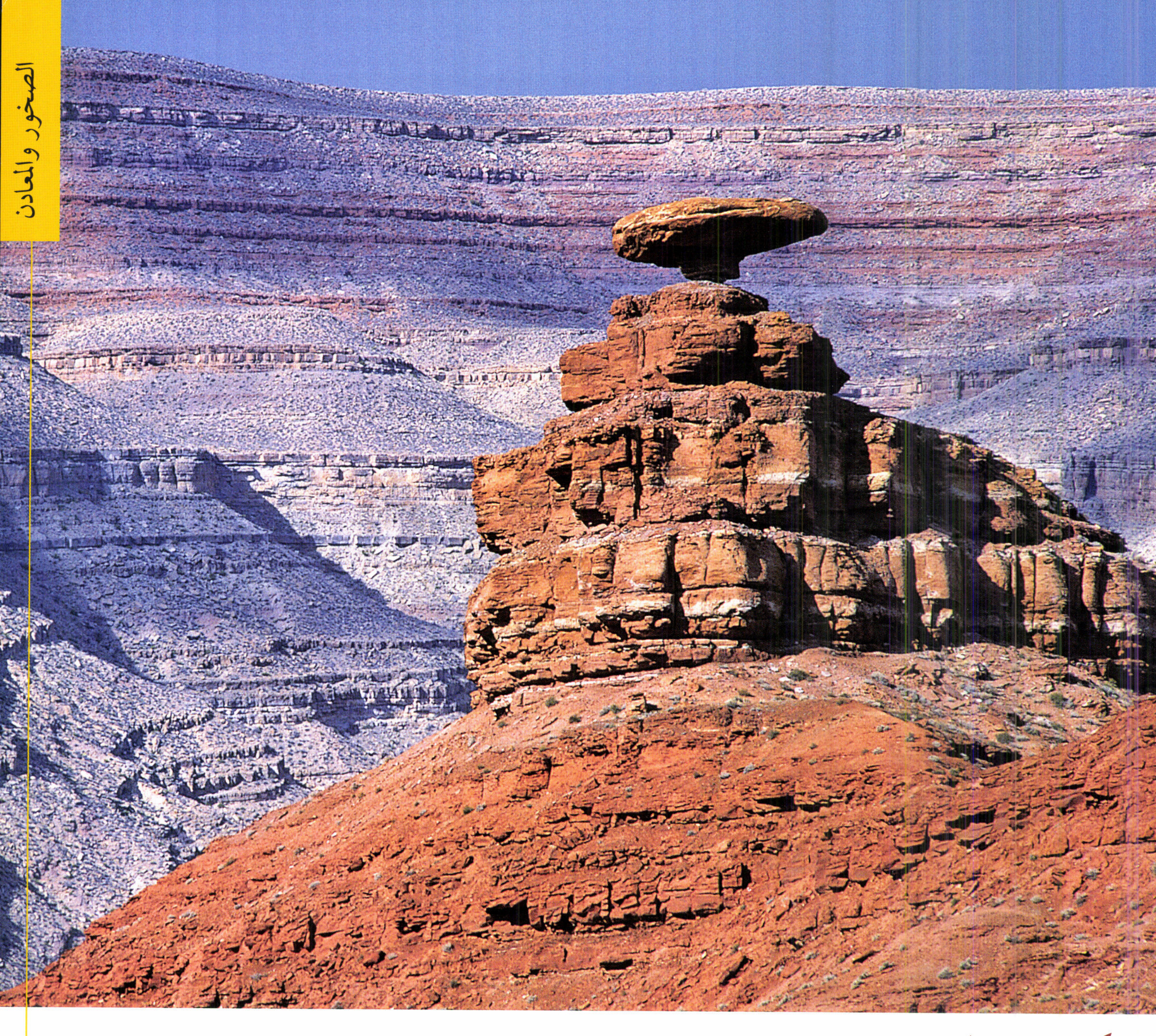
توجد الصخور بأحجام وأشكال مختلفة بدأً من الكتل الصخرية الكبيرة التي تشكل التلال إلى حبات الرمال الدقيقة على شواطئ الأنهار والبحار. الجلاميد هي أكبر أنواع الصخور، وهي ذات أحجام يصعب على الإنسان أن يحركها بمفرده. الحصباء هي صخور أصغر من الجلاميد ولكنها أكبر من الحصى. أما الرمال فهي صخور دقيقة الحجم حبيبية الشكل، بينما الطمي هو أصغر أنواع الصخور.

تركيب الصخور

الصخور هي المكون الرئيس لكوكب الأرض وهي مواد صلبة وتتألف من مركبات معدنية وفتات صخرية أخرى وأحياناً مستحاثات. تلتحم حبيبات الصخور ببعضها إما بالتشابك أو بأحد أشكال الإسمنت الطبيعي. توجد عادةً مادة معدنية تكون قد تسربت عبر الصخر وملأت الفراغات بين حبيباته.

تصنيف الصخور

تصنف الصخور إلى مجموعات مختلفة وفقاً لمعايير معينة. فقد تصنف بحسب خائصها الفيزيائية أو بحسب المركبات المعدنية والكيميائية الموجودة فيها. يمكن أن تصنف الصخور أيضاً بحسب طريقة ومكان تشكلها.



مكان وجود الصخور

تشكل الصخور الجبال كما تشكل قيعان البحار. قد توجد مطمورةً تحت التربة، أو تبرز خارج الأرض في الصحارى. يتألف معظمها من أكثر من مركب معدني واحد وقد تكون أحجام حبيباتها غير متساوية. ولكن بعض الصخور قد تتألف من مركب معدني واحد كالحجر الجيري.

حقائق مهمة

- صخرة آيرز هي صخرة وحيدة من الحجر الرملي ترتفع إلى أكثر من 1000 قدم في صحراء وسط أستراليا.
- تحوي الصخور أحياناً ثقوباً مستديرة أو متطاولة تبدو كأنها جيوب في هذه الصخور. هذه الثقوب هي فقاعات غازية توجد في أنواع معينة من الصخور النارية.

تغير شكل الصخور

لا تبقى الصخور على حالها إلى الأبد. يمكن أن يستغرق تغير أشكالها ملايين السنين، ولكن مهما كانت صلابة الصخور فإن قوى التعرية تفتتها وتنقلها من مكانها الأصلي إلى مكان آخر. يمكن للصخور أن تنصهر نتيجة للحرارة والضغط، كما يمكن أن تبرد وتتبلر من جديد لتشكل صخوراً مختلفة. تدعى هذه العملية المستمرة من الانصهار والتصلب على مراحل بدورة الصخور Rock Cycle.

المركبات المعدنية: مقدمة

يعد علماء الجيولوجيا المركب المعدني مادة لاعضوية صلبة، موجودة بشكل حر في الطبيعة، ولها تركيب كيميائي محدد وبنية داخلية منتظمة. وهي تحوي على مواد كيميائية ضرورية للحياة على الأرض. وتعد جميع المركبات المعدنية بلورية البنية، وقد تشكلت بعمليات جيولوجية. يوجد حوالي 4400 نوع معروف من المركبات المعدنية، ويتم اكتشاف 60-80 مركباً جديداً في كل عام.

تسمية المركبات المعدنية

تتألف المركبات المعدنية من مواد كيميائية وعناصر مختلفة موجودة بنسب محددة بحسب المادة المشكلة لتلك الصخرة. يمكن أن يسمى المركب المعدني بحسب مكان اكتشافه أو نسبةً للشخص الذي اكتشفه أو أي شخص آخر له علاقة باكتشافه. كما يمكن أن يسمى وفقاً لتركيبه الكيميائي أو إحدى ميزاته أو خواصه البارزة.

الفلزات

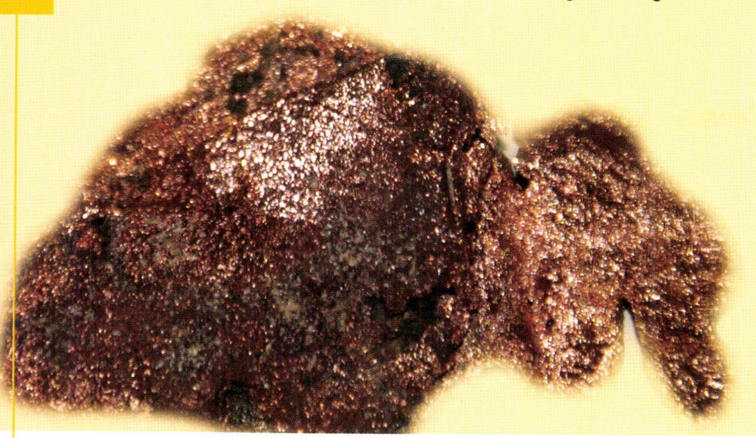
الفلزات هي تركيزات معدنية يمكن الاستفادة منها باستخلاص كميات من المعدن الداخل في تركيبها كالذهب أو النحاس أو الحديد أو النيكل. تشمل العمليات الجيولوجية التي تشكل الفلزات الحرارة والضغط وحركة السوائل الحارة. تدعى العناصر الموجودة بكميات مركزة الترسبات الفلزية ore deposits. ولا يوجد مركب معدني في شكله النقي بل يوجد ممتزجاً بمركبات معدنية أخرى تدعى الشوائب gangue.

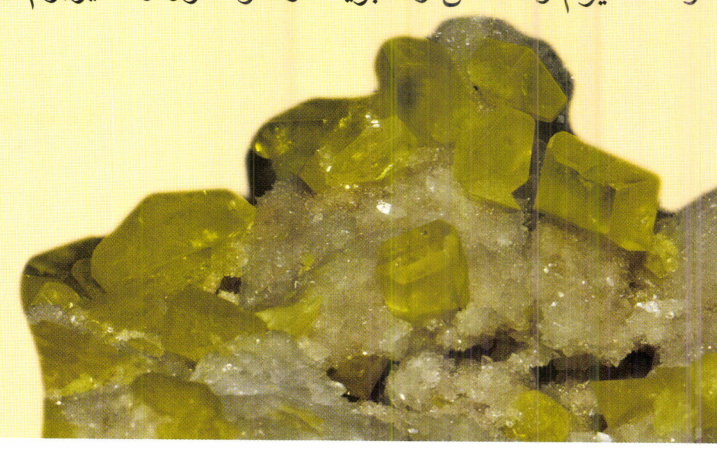


▲ فلزات

المركبات المعدنية

يستخدم اصطلاح المركبات المعدنية بطرائق مختلفة. فإضافةً إلى تعريفه الرسمي الذي يضعه علماء الجيولوجيا للمركب المعدني معنى تغذوي، فهو يستخدم للدلالة على الكثير من المواد الكيميائية اللاعضوية التي يستخدمها الكائن الحي لنموه وإصلاح أنسجته وأيضه وإنجاز مختلف أعماله الجسمية. تشمل المغذيات المعدنية التي يحتاجها الجسم: الحديد والكالسيوم والنحاس والكبريت والفوسفور والمغنيزيوم ومعادن أخرى كثيرة.





شكل المركبات المعدنية

معظم المركبات المعدنية تقريباً هي مواد صلبة متبلرة تتميز بأسطحها الملساء وأشكالها الهندسية المنتظمة. وإن لم تجد هذه المركبات فراغات تنمو فيها على شكل بلورات كاملة فإنها تتشكل عموماً ضمن مجموعات بلورية أصغر. ولهذه المجموعات أشكال مختلفة تدعى المظاهر تقررها مجموعة الظروف التي تتشكل فيها المركبات المعدنية.

حقائق مهمة

- الماء ليس مركباً معدنياً، ولكنه يصبح صلباً حين يتجمد. الجليد مادة صلبة لاعضوية يوجد بشكل طبيعي في الكون وله تركيب كيميائي محدد وبنية داخلية منتظمة.
- الملح من المغذيات الأساسية في طعام الإنسان والحيوان، وقد كان القدماء يقايضونه بالذهب.

ون المركبات المعدنية

شتق المركب المعدني لونه أحياناً من تركيبه الكيميائي الأصلي. وقد يكون للمركب المعدني ألوان مختلفة نتيجة للشوائب أو عيوب الكيميائية الموجودة في بنيته البلورية. فاللون الأخضر القوي لمركب الديوبتاز ينشأ عن وجود النحاس فيه. كما يمكن لوريد الكالسيوم أن يكون أرجوانياً أو أخضراً أو أصفراً بسبب وجود آثار من عناصر مختلفة في بنيته.



بنية الأرض

أقسام الأرض

تقسم الأرض إلى خمس طبقات مهمة هي القشرة والغلاف الصخري والوشاح واللب الخارجي واللب الداخلي. أما كيميائياً فتقسم الأرض إلى القشرة والوشاح العلوي والوشاح السفلي واللب الخارجي واللب الداخلي. وكما نخشخش صندوقاً مغلقاً لنعرف ما يحويه كذلك ينصت العلماء إلى الموجات الرجفية ليعرفوا أكثر ما يوجد داخل الأرض.

القشرة

القشرة هي صخر صلب يتألف من صفائح تكتونية. تتفاوت ثخانة هذه الصفائح بين 0-60 كم وهي في حركة دائمة. تتألف هذه الصفائح من العديد من العناصر كالحديد وسيليكات المغنيوم وغيرها بنسب واختلاطات مختلفة. وتصنف القشرة إلى نوعين: القشرة المحيطية التي تحوي مياه المحيطات، والقشرة القارية التي تبرز على سطح الأرض على شكل قارات. ويشار إلى القشرة عادةً باسم وجه الأرض.

الطبقة الانسيابية

وهي منطقة الوشاح العليا الشديدة اللزوجة. تقع تحت الغلاف الصخري أو القشرة الصلبة على عمق حوالي 700 كم. المواد هنا في حالة مائعة وتتدفق على شكل تيار ناقل تشع بالحرارة نحو أقسام الأرض الأخرى. يؤدي أثر هذه التموجات الحرارية إلى تحرك الصفائح، وحيث أن هذه الصفائح قصفة البنية فإنها تتصدع وتتكسر. وتقع الطبقة الانسيابية على مقربة شديدة من أرض قاع البحر لاسيما عند حيود منتصف المحيط.

الوشاح

الوشاح هو أثخن الحلقات المشكلة للطبقات الأرضية ويتألف من الصخور شبه المصهورة وتدعى الصهارة أو المغما magma. يتألف الوشاح في معظمه من الصخور السيليكاوية الغنية بالمغنيزيوم والحديد. ومع أن أقسامه العليا تتألف من الصخور الصلبة إلا أن أقسامه السفلى أكثر طراوةً. تؤدي الحرارة الشديدة إلى صعود الصخور مشكلةً تيارات ناقلة للحرارة. وحين تصادف الصهارة فتحةً في القشرة فإنها تندفع عبرها إلى سطح الأرض على شكل ثوران بركاني.

اللب

القسم الداخلي من اللب هو كتلة صلبة من الحديد والنيكل، وهو أسخن أقسام الأرض. ويقدر أن تبلغ حرارة اللب حوالي 5500° مئوية. ويحيط به اللب الخارجي وهو أيضاً يتألف من الحديد والنيكل ولكنه يوجد بشكل مائع. يدور اللب الداخلي بسرعة تختلف عن سرعة الكوكب ويعتقد أن هذا هو ما يسبب وجود حقل مغنطيسي على الأرض.

حقائق مهمة

- ثخانة القشرة تحت القارات تعادل ثلاثة أضعاف ثخانتها تحت المحيطات.
- تبلغ حرارة الصخور التي تشكل وشاح الأرض حداً يجعل الصخور تسيل كما لو كانت قاراً يزفت به.



▲ شكل يبين تركيب الأرض

نشأة الصخور

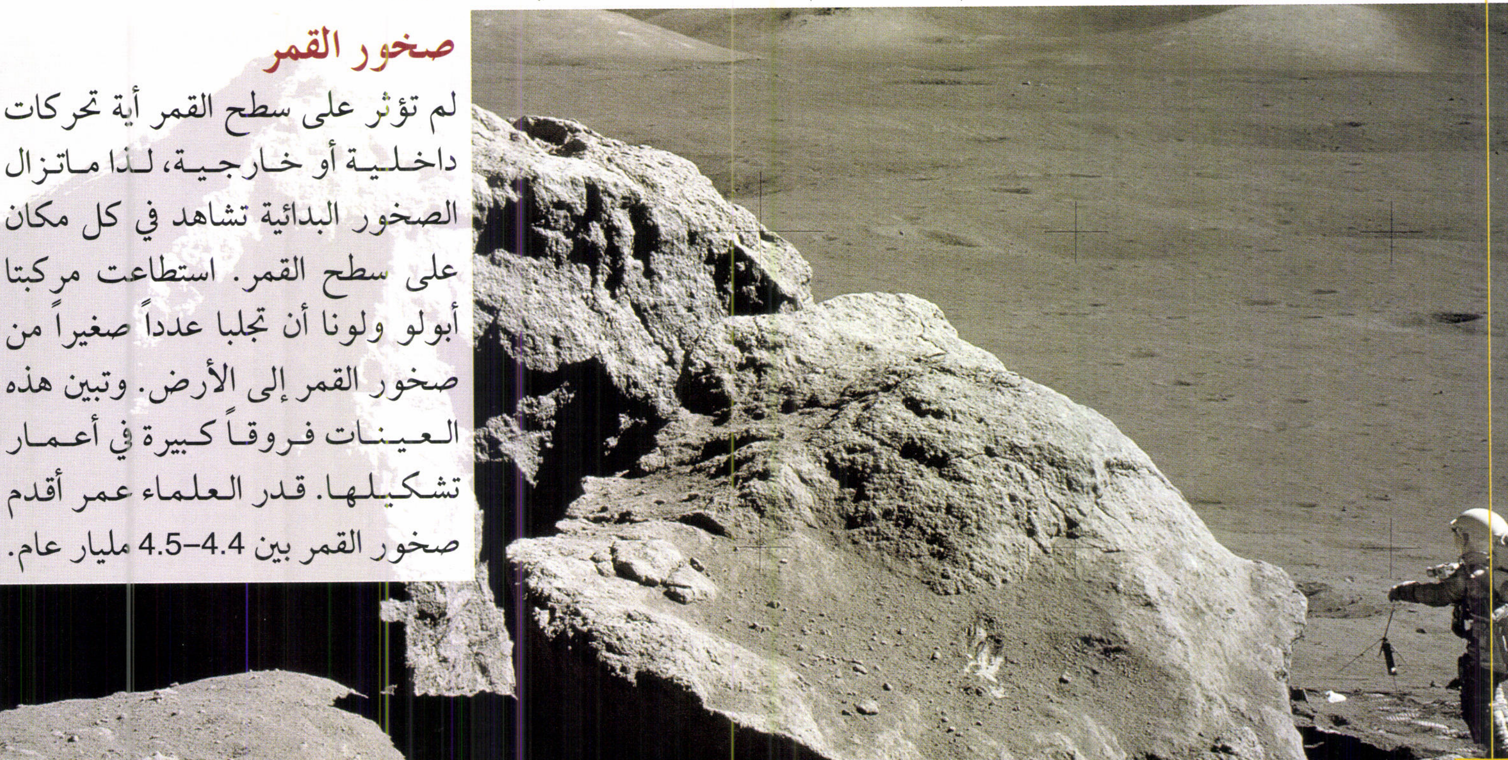
من الخطأ التحدث عن منشأ الصخور لأنها تبدو صلبة ودائمة منذ أبد الدهر، وإنما هي دينامية التحرك ككل شيء آخر في الطبيعة. تتحرك الصخور ببطء شديد، ولكن عمر الأرض 4.6 مليار عام، وخلال هذه المدة الزمنية الطويلة طرأت الكثير من التغيرات على الصخور منذ أن وجدت على الأرض.

عمر كوكب الأرض

من الصعب تحديد عمر الأرض بدقة استناداً إلى الصخور لأن هذه الصخور قد تحطمت ثم عادت إلى التشكل عدة مرات أثناء عمليات الصفائح التكتونية. ولكن العلماء تمكنوا من تحديد عمر المجموعة الشمسية، وقدروا عمر الأرض بحوالي ثلث عمر هذه المجموعة، وتوصلوا إلى نتيجة أن الأرض ربما تشكلت قبل 4.54 مليار عام.

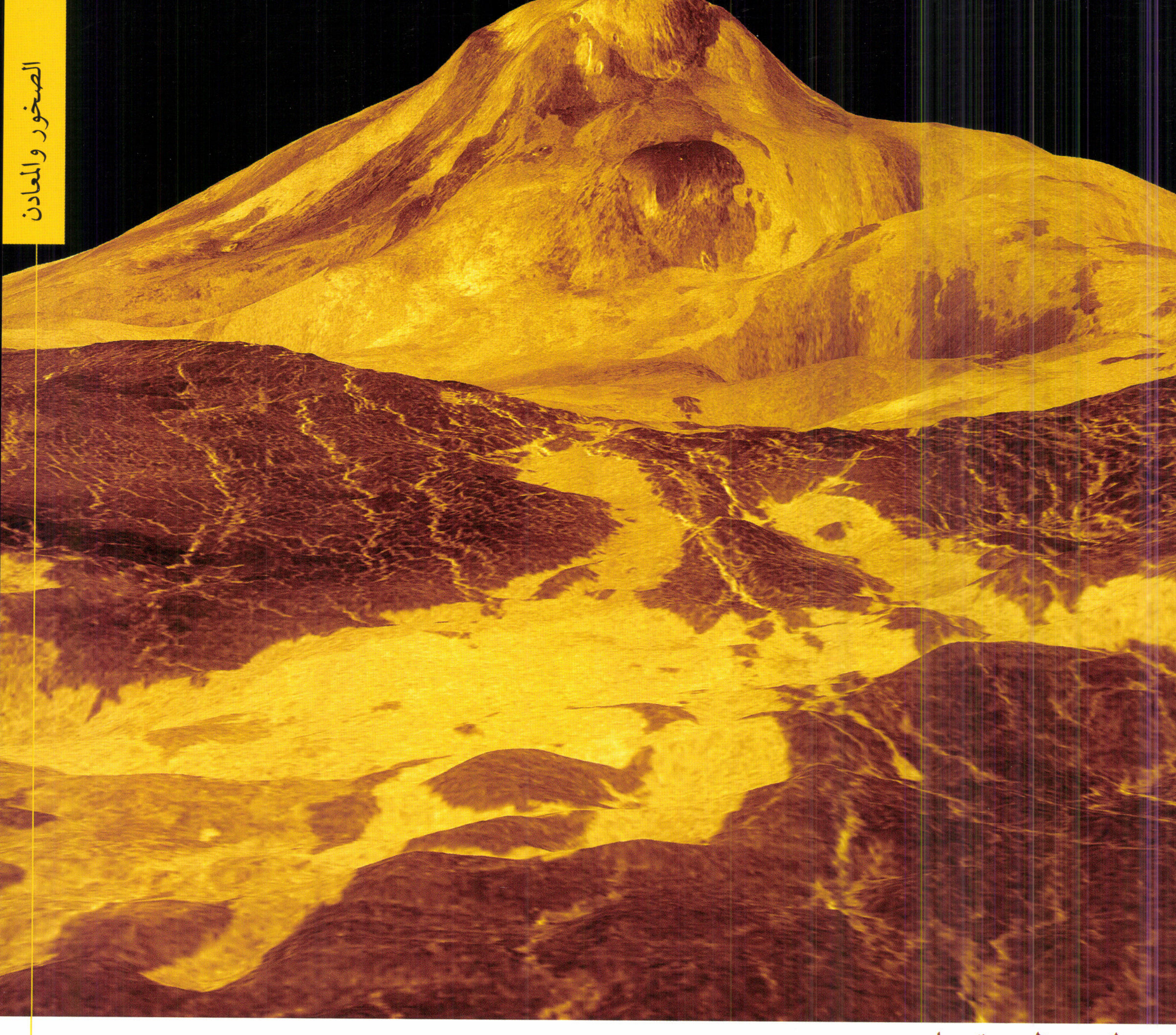
أقدم الصخور

توجد أقدم الصخور التي عثر عليها حتى الآن في الأقسام الشمالية الغربية من كندا، ويقدر عمرها بحوالي 4.28 مليار عام ويشبه تركيبها الكيميائي تركيب الصخور البركانية. كما اكتشفت في إفريقية وغربي أستراليا صخوراً مشابهة. تعد تلال أرفالي في الهند من أقدم التلال في العالم، ولكن أقدم صخور الهند توجد في شبه الجزيرة الهندية.



صخور القمر

لم تؤثر على سطح القمر أية تحركات داخلية أو خارجية، لذا ماتزال الصخور البدائية تشاهد في كل مكان على سطح القمر. استطاعت مركبتا أبولو ولونا أن تجلبا عدداً صغيراً من صخور القمر إلى الأرض. وتبين هذه العينات فروقاً كبيرة في أعمار تشكيلها. قدر العلماء عمر أقدم صخور القمر بين 4.4–4.5 مليار عام.



عطارد والزهرة وبلوتو

تتألف هذه الكواكب من صخور تحوي على مركبات معدنية شائعة مثل الفلسبار ومعادن كالمغنيزيوم والألومنيوم. وقد اكتشف أن الصخور التي جلبت من المريخ تشابه الصخور الموجودة على الأرض، وكانت كلها من الصخور النارية. هذا الأمر محير لأن البراكين نادرة على كوكب المريخ. وتبدو قشرة كوكب الزهرة بركانية وبازلتية بمجملها.

دراسة الصخور البالغة القدم

تعطينا دراسة الصخور البالغة القدم أدلة على ما كانت عليه الأرض في الماضي. علم الصخور هو أحد فروع الجيولوجيا التي تدرس نشأة وتركيب وتوزيع وبنية الصخور. ويمكن بالاعتماد على دراسة الصخور القديمة أن يتوصل علماء الجيولوجيا إلى تاريخ الأحداث التي جرت على الأرض قبل وجود الإنسان عليها، حيث بإمكانهم أن يعرفوا إن كان يوجد بحر أو بحيرة أو بركان أو سلسلة جبلية ما في مكان وجود الصخور.

حقائق مهمة

- يعود أول استخدام مسجل لأحجار الفيروز إلى سنة 5000 ق. م في بلاد ما بين النهرين حيث اعتاد الناس أن يستخدموا المجوهرات في صناعة الخرز.
- بني تاج محل في الهند بين سنوات 1632-1654 وقد استخدم في بنائه الرخام الأبيض والحجر الرملي والمعادن شبه الثمينة.

نشأة المركبات المعدنية

المركبات المعدنية هي مركبات كيميائية توجد في الطبيعة وقد تشكلت بعمليات جيولوجية. تقوم المركبات المعدنية بدورٍ مهم على الأرض بتزويد الأرض بالمواد الكيميائية الضرورية للحياة. ويتم في كل عام اكتشاف ما بين 60-80 مركب معدني جديد. تسمى المركبات المعدنية بحسب مكان اكتشافها أو أي ميزة فريدة أو بارزة فيها أو نسبةً إلى شخص مهم شارك في اكتشافها أو معرفة تركيبها.

التركيب

تتألف المركبات المعدنية من ذرات ترتصف وفق نموذج شبكي ثلاثي الأبعاد. يوجد حوالي 4.400 مركب معدني معروف، وجميعها تقريباً ذات بنية بلورية. يحوي كل مركب معدني على عناصر مختلفة موجودة ضمن تركيب كيميائي محدد ولكنه غير ثابت بالضرورة. ويختلف التركيب الكيميائي بين مختلف عينات المركب الواحد.
يحوي البيريت مثلاً على ذرة حديد واحدة لكل ذرتي كبريت.



▲ البيريت



- لا تحوي إلا قلة من المركبات المعدنية التركيب الكيميائي نفسه، ولكنها تختلف فيما بينها نتيجة لبعض الخصائص المختلفة، كما هو الفرق بين الكوارتز والكريستوباليت.

الشكل

الشكل البلوري هو أكثر الأشكال الطبيعية الشائعة للمركبات المعدنية. تتخذ المركبات المعدنية أشكال بلورات كاملة حين يوجد لديها متسع للنمو. فإن لم يكن يوجد متسعاً فإنها تشكل تجمعات من البلورات الصغيرة. تحدث هذه التجمعات ضمن أشكال مختلفة يطلق عليها الظاهرات، وغالباً ما تقررها الظروف التي توجد هذه المركبات فيها، والنزر اليسير من الشوائب الموجودة أثناء نموها أو ميول نموها الخاصة.



اللون

يعتمد لون المركب المعدني على أكثر تركيباته الكيميائية السائدة، فاللون الأخضر في الديوبتاز ناتج عن وجود النحاس فيه. كما يؤدي وجود شوائب أو عيوب في البنية البلورية إلى إعطاء المركب لوناً معيناً. وتبدو هذه الشوائب ضمن تدرجات لونية في المركب الواحد، حيث يمكن لفلوريد الكالسيوم أن يكون أرجوانياً أو أخضراً أو أصفراً نتيجة لآثار مختلف العناصر الداخلة في تركيبه.

حقائق مهمة

- تحوي بعض المركبات المعدنية خاصية الوميض الفلوري أي أنها تتوهج بألوان حية ومذهلة.

الفلزات

الفلزات هي تركيزات من المركبات المعدنية يمكن استخراج معادن مفيدة منها كالذهب والنحاس والحديد والنيكل. يستخرج الجيولوجيون المعادن من الفلزات باستخدام الحرارة أو الضغط أو حركة السوائل الحارة. يبحث المنقبون عن المعادن عن دلائل تساعدهم على إيجاد رسوبات الفلزات. وهم يستخدمون اليوم تقنيات الاستشعار عن بعد وعلم الجيولوجيا للبحث عن الأجسام الفلزية المدفونة عميقاً.

▲ بلورات ذهب كامنة في الكوارتز

المركبات المعدنية في النطاق المتأكسد

يتشكل ثلث المركبات المعدنية في النطاقات المتأكسدة التي توجد حيث يترشح الماء ليصل إلى الصخور الحاوية على فلزات المعادن الكبريتية. تنحل هذه الفلزات ويتفاعل المركب الكيميائي الناتج مع الصخور المحيطة به. يؤدي زمن ومكان التفاعل والمخزون المستمر من المكونات الكيميائية إلى ظهور أشكال مختلفة من البلورات المعدنية الرائعة. توجد الكثير من نطاقات التأكسد الممتازة في المناطق القاحلة في أستراليا.



▲ الكروكوئيت

الجيولوجيا

الجيولوجيا هي علم دراسة الأرض والمواد التي تتألف منها وبنية هذه المواد والعمليات التي تؤثر فيها. وتشمل الجيولوجيا أيضاً دراسة تاريخ الأرض والكائنات الحية التي قطنت كوكبنا وكيف تغيرت مع الزمن، وكيف تشكلت الأرض وكيف تستمر في التحول. ومن فروع دراسة الأرض لدينا علم الصخور وعلم المعادن وعلم الآثار القديمة والجيولوجيا المائية وعلم الطبقات والجيولوجيا الجليدية والفيزياء الجيولوجية والكيمياء الجيولوجية والجيومورفولجيا وجيولوجيا البراكين وعلم المعادن.

الجيولوجي

الجيولوجي هو عالم يدرس كل المواد التي تشكل الأرض حتى يساعدنا على فهم تاريخ كوكبنا. يدرس الجيولوجيون العمليات الأرضية كانزلاقات التربة والزلازل والفيضانات والثورات البركانية ويستخدمون معرفتهم بالماضي للاستدلال على تطور البنى الجيولوجية بحيث يقللوا من المخاطر على الأرواح والممتلكات نتيجة للتحولات الجيولوجية المفاجئة. يدرس الجيولوجيون تاريخ الأرض ليتعرفوا إلى الماضي ويضعوا تنبؤات تجريبية عن العمليات الأرضية في المستقبل.



أساليب الجيولوجيا

يستخدم الجيولوجيون عدداً من الأساليب في المخبر والميدان للكشف عن ألغاز كوكب الأرض، ويجتهدون في فهم العمليات التي تؤدي إلى مختلف التغيرات في باطن الأرض. يجري الجيولوجيون تحقيقاتهم بدراسة علم الصخور وعلم الطبقات والجيولوجيا البنيوية والكثير من فروع الجيولوجيا الأخرى لتفسير العمليات التي تغير الأرض باستمرار.



حقائق مهمة

- يمكن للجيولوجي أن يتعرف من خلال دراسته للأحفورات إلى نوع الحيوان الذي كان يعيش في تلك المنطقة وماهي الظروف المناخية والنباتية التي كانت سائدة فيها.
- من أكثر الأحفورات التي اكتشفت في شكلها السليم هي أحفورات حب الطلع. يدرس الجيولوجيون هذه الأحفورات ليحددوا نوعية الحياة النباتية التي كانت سائدة في المنطقة ويعيدوا بناء البيئة التي وجدت فيها قبل ملايين السنين.

أهمية الجيولوجيا

يساعد الجيولوجيون في الكشف عن الموارد الأرضية كالمعادن والنفط والمركبات المعدنية الأخرى. ولمساعدتهم أهمية في تحديد مواقع المياه الجوفية أثناء التخطيط لبناء المدن. وبدراسة نماذج الكوارث الطبيعية كالزلازل والثورات البركانية وموجات تسونامي والأعاصير فإنهم يساعدون في إصدار التحذيرات المسبقة للناس. ومؤخراً أصبح الجيولوجيون يهتمون بدراسة التحولات المناخية مما يساعدهم على فهم العمليات الأرضية بطريقة أفضل.

الزمن الجيولوجي

يعد السلم الزمني الجيولوجي نظام قياس يستخدمه علماء الأرض لوصف توقيت الأحداث التي حصلت عبر التاريخ والعلاقات فيما بينها. يبدأ السلم الزمني قبل 4.54 مليار عام تقريباً، ويقتفي تاريخ الأرض عبر الدهور والحقب والعصور والمراحل الزمنية المختلفة. وقد وضع أول سلم زمني جيولوجي لأول مرة في القرن الثامن عشر. وقسمت صخور القشرة الأرضية إلى صخور أولية وثنائية وثلاثية ورباعية بحسب تاريخ تشكيلها.

علماء اللاهوت الطبيعي

أطلقت هذه التسمية على الجيولوجيين الأوائل، وقد قاموا بمسح المناطق المحيطة بهم، ودرسوا المناطق الساحلية للتعرف إلى آثار الحت، وحاولوا تحليل تشكل التلال والأودية والجبال والسهول. لم يكن من السهل مناقشة المعتقدات الدينية المتعلقة بخلق الأرض في القرن السابع عشر. ولم يتمكن الجيولوجيون من الكشف الفعلي عن نشأة الأرض حتى منتصف القرن الثامن عشر حين حدث تقدم تكنولوجي كبير.

فروع الجيولوجيا


▲ مجموعة من الجيولوجيين أثناء عملهم

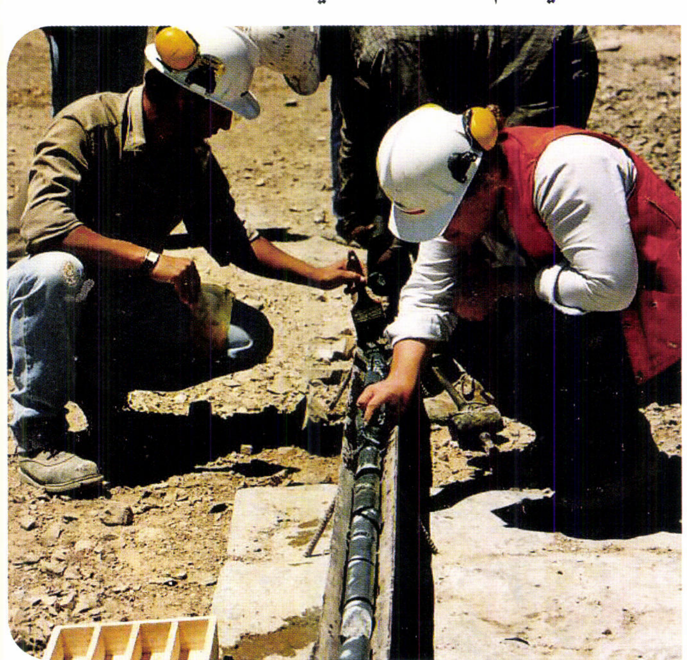
يدرس الجيولوجيون كيف تحولت مواد الأرض وتراكيبها والعمليات الجارية فيها والأحياء التي كانت تقطنها. ويتم ذلك بجمع الدلائل وتصنيفها كسجلات تاريخية للكوكب. يستعين العالم من خلال هذه السجلات على دراسة الأحداث التي جرت على الأرض قبل أن تطأها قدم الإنسان. ومن بعض فروع الجيولوجيا نذكر هنا الجيومورفولوجيا والجيولوجيا التاريخية والجيولوجيا المائية وعلم المعادن وعلم الآثار القديمة وعلم الصخور ودراسة الرسوبات.

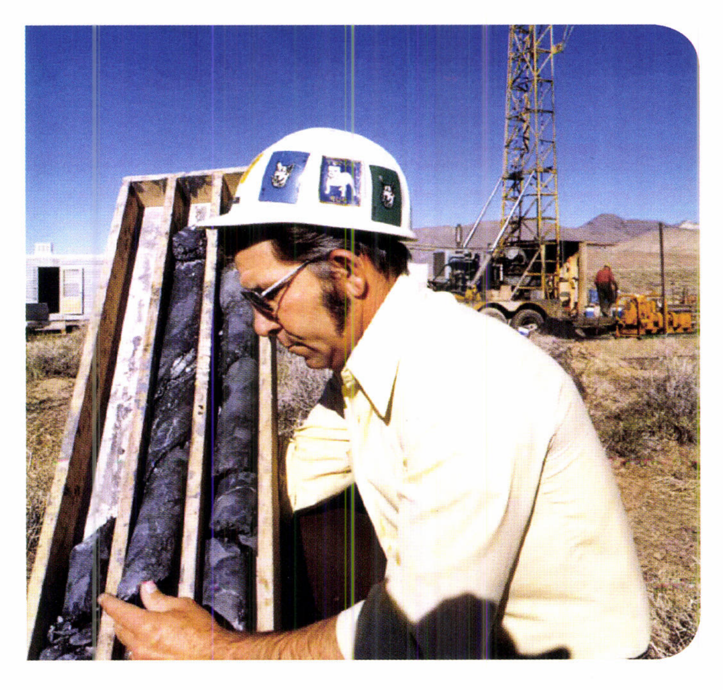
علم المعادن

يتخصص علم المعادن في دراسة المركبات المعدنية بشكل دقيق. ويشمل ذلك دراسة العمليات التي ترافق نشأة ودراسة المركب المعدني وتصنيف هذه المركبات وتوزعها الجغرافي واستخداماتها. تعود دراسة علم المعادن الحديث إلى دراسة المعادن التي كانت تمارس في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر. وقد ساعد اختراع المجهر في القرن السابع عشر على التعريف بأكثر من 4000 نوع من المركبات المعدنية خلال العقود اللاحقة.

علم الصخور

اشتقت تسمية علم الصخور أو بترولوجيا من كلمة بترا اليونانية وتعني "صخرة". وهو فرع من علم الجيولوجيا يدرس منشأ وتركيب وتوزع وبنية الصخور، ويتم عن طريق الدراسة المجهرية المفصلة للصخور. كما يستعين بحقول أخرى من علم الجيولوجيا لتحليل ووصف بنية الصخور وتركيبها. توجد ثلاثة فروع من علم الصخور وهي تتفق مع أنواع الصخور التي تتم دراستها، وهي: النارية والمتحولة والرسوبية.





الجيومورفولوجيا

الجيومورفولوجيا هي العلم الذي يدرس تضاريس الأرض والعمليات التي تؤدي إلى تشكيلها أو تعديلها. يقوم علماء الجيومورفولوجيا بالمراقبة الميدانية وإجراء الاختبارات للتنبؤ بالتغيرات التي يمكن أن تحدث في المستقبل. ينتج عن العمليات المناخية والمائية والبيولوجية المتعلقة ببعضها انتقالاً للمواد من الأعالي إلى المنخفضات. ولكن أبكر الدراسات حول هذا الموضوع قام بها عالم صيني كان قد لاحظ وجود أحفورة بحرية على قمة جبل.

علم الإحاثة

علم الإحاثة أو المستحاثات هو الدراسة العلمية لحياة ما قبل التاريخ ويشمل دراسة المستحاثات (أو الأحفورات) للتعرف إلى نشأة وتطور الكائنات الحية. كما يدرس العلاقة بين هذه الكائنات والبيئات التي عاشت فيها. وقد ذكرت الملاحظات عن حياة ما قبل التاريخ في زمن يعود إلى القرن الخامس قبل الميلاد، ولكن علم الإحاثة الحديث بدأ بالتطور في القرن التاسع عشر. وقد مكن التقدم في استخدام التقنيات الحديثة علماء الإحاثة من اكتشاف الكثير عن التاريخ النشوئي للحياة منذ 3.8 مليار عام.

▲ عالمة إحاثة تدرس أحفورة في مختبر

علم البراكين

اشتقت تسمية علم البراكين أو الفولكانولوجيا من كلمة فولكان، وهو إله النار عند الرومان القدماء. يدرس علم البراكين تشكل وتوزع وتصنيف البراكين وكذلك ثوراتها الحالية والسابقة عبر التاريخ. تساعد دراسة بنية البراكين على معرفة طبيعة الثورات البركانية وأسباب تفجرها بغرض التنبؤ بحدوث مثل هذه الثورات من جديد. ويساعد تحليل المواد التي يقذفها البركان على أن يحدد علماء البراكين على تحديد مواقع المخزونات الثمينة من الفلزات. يتفهم العلماء من خلال هذه الدراسة العلاقة بين الثورات البركانية والعمليات الجيولوجية الأخرى على نطاق واسع.



▲ عالم براكين يأخذ عينة من الحمم

حقائق مهمة

- اكتشف أول ذكر لثورة بركانية على رسم جدار يعود إلى سنة 7000 ق.م. في موقع حفريات نيوليثي في منطقة تشاطال هويوك في جبال الأناضول بتركيا.
- الأحفورات الزائفة هي أشكال أو انطباعات طبيعية لاعضوية يظن خطأً بأنها أحفورات. وهي تقلد الأشكال الحياتية بإظهار ما يبدو أنه تركيب جيولوجي مفصل ودقيق.

الأخطار الجيولوجية

الأخطار هي عمليات جيولوجية عادية يمكن أن تسبب أحياناً دماراً في الممتلكات وخسائر في الأرواح. يعمل الجيولوجيون على الدوام على التعريف بالأخطار الجيولوجية وتقييمها ورسم الخرائط لها باستخدام الوسائل الجيوتقنية والجيوفيزيائية الحديثة. لهذه الدراسات أهمية كبرى في التخطيط لاستخدام الأرض وإدارة الكوارث وتصميم المستوطنات البشرية عموماً. يمكن لفهم الأخطار الجيولوجية أن يقلل من أثرها على البنية التحتية والأضرار في الأرواح والممتلكات. يمكن لبعض هذه الأخطار أن يكون حدوثها فجائياً بينما يحدث بعضها ببطء أكبر.

الانزلاقات الأرضية

الانزلاقات الأرضية من الأخطار المعقدة، وهي تحدث بطرائق شتى بدأً من الانخساف الأرضي الضحل وتساقط الصخور إلى الانزلاقات الأرضية العميقة. يساعد فهم كيفية وسبب هذه التحركات الانزلاقية العلماء على أن يطوروا وسائل التخفيف من حدوثها في المستقبل. يمكن أن تحدث الانزلاقات لأسباب مختلفة، منها الهطول المطري الطويل والغزير. يمكن للزلازل أيضاً أن تتسبب بعدة انزلاقات أرضية. ومن الأسباب الأخرى المحتملة هو فقدان الغطاء الغابي والتدخل البشري كبناء السدود وحفر المناجم وتوسع المدن في المناطق الجبلية.



الزلازل

الزلازل هي تحركات أرضية طبيعية تحدث حين تتحرر طاقة من باطن الأرض. حين تتحرك الصفائح التكتونية على الأرض يحدث توتر على حوافها الصخرية إلى أن تفلت أضعف النطاق وتحرر الطاقة المحبوسة تحتها للتخفيف من التوتر. لا يمكن التنبؤ بحدوث زلزال، ولكن تسبق الزلازل أحياناً هزات سابقة. يمكن من خلال دراسة وملاحظة تاريخ الزلازل أن نتنبأ إلى حد كبير باحتمال حدوث زلزال في المستقبل. تصنع الزلازل الكبيرة موجات سطحية يمكنها أن تحفز حدوث زلازل أصغر على مسافات بعيدة، أما الزلزال الذي يحدث تحت البحر فيمكن أن يتسبب بموجة تسونامي مدمرة.

الثورات البركانية

تحدث الثورات البركانية عادةً حين تتباعد أو تتقارب الصفائح التكتونية. يحوي طوق النار حول المحيط الهادئ سلسلة من البراكين التي تنتج عن تقارب الصفائح التكتونية. تتسرب من سطح الأرض الحمم الحارة والرماد البركاني والغازات عبر فتحة في القشرة الأرضية. يمكن أن يحدث ذلك داخل الصفائح حيث يوجد ترقق في القشرة الأرضية.



موجات تسونامي

موجات تسونامي أو الموجات المدية هي أمواج بحرية عالية يمكن أن يسببها زلزال أو ثوران بركاني أو انزلاق أرضي أو ارتطام نيزك أو اضطرابات كبيرة تحت الماء. ينتج المد أمواجاً من الماء، ولكن تحرك موجة تسونامي على اليابسة أكبر ويدوم لفترة أطول. يمكن لموجات تسونامي أن تولد سلاسل من الأمواج بارتفاع عشرات الأمتار. تنطلق الأمواج عبر البحر بسرعة طائرة نفاثة. ويمكن لهذه الأمواج القوية أن تؤدي إلى دمار هائل لاسيما في المناطق الساحلية.

حقائق مهمة

- يحدث حوالي 80٪ من جميع موجات تسونامي ضمن طوق النار المطل على المحيط الهادئ. هذه المنطقة نشطة جيولوجياً وتسود فيها البراكين والزلازل.
- حدث أول زلزال موثق في كاليفورنيا بالولايات المتحدة في سنة 1769، وقد شعرت به مجموعة من العلماء الذين كانوا في بعثة استكشافية، وكانوا يخيمون على بعد 48 كم إلى الجنوب الشرقي من لوس أنجلس.

الانهيارات الثلجية

الانهيار الثلجي هو سقوط كميات من الثلوج والصخور والركام من جانب الجبل. تزداد كتلة وحجم الانهيار الثلجي أثناء تزايد سرعة سقوطه. يحدث الانهيار الثلجي نتيجة لقوى الجاذبية أو قد يحدث نتيجة لأنشطة المتزلجين بالسكي أو انتقال الحيوانات في المنطقة أو حدوث تفجيرات. كما يمكن للزلازل أن تسبب حدوث الانهيار الثلجي. يؤدي الانهيار الثلجي إلى أخطار كبيرة حيث توجد تجمعات سكانية عند سفوح أو أسفل الجبل.

الأخطار الجيولوجية المفاجئة

تبدو الأرض التي نعيش عليها مستقرة وثابتة معظم الوقت، ولكننا نعلم بالتأكيد بأنها ديناميةُ النشاط وفي حالة مستمرة من الحركة، هذه الحركة قد تكون مفاجئة أحياناً، ولكنها على الأغلب متمهلة. بعض هذه الأخطار طبيعية ولا يمكن للإنسان التحكم بها، ولكن يمكننا بالبحث الدقيق والتخطيط الحريص أن نقلل من الأضرار في الحياة والممتلكات.



▲ عاصفة جيومغنطيسية

العواصف الجيومغنطيسية

يطلق على الطبقة الخارجية من الغلاف الأيوني اسم الغلاف المغنطيسي للأرض. العاصفة الجيومغنطيسية هي اضطراب مؤقت يحدث في هذه المنطقة تسببه موجة صدم الرياح الشمسية أو سحابة من الحقل المغنطيسي أو كلاهما معاً. يمكن أن يؤدي ذلك إلى اضطرابات في البث الإذاعي واللاسلكي وتوقف الملاحة نتيجة لتعطل الإبر المغنطيسية. ويمكن للأرض التي تنشط فوقها العاصفة الجيومغنطيسية أن تسبب انقطاعاً في التيار الكهربائي أو خللاً في توزيعه.



▲ ازدحام جليدي

الازدحام الجليدي

يطلق على الازدحام الجليدي أحياناً السدود الجليدية، وهي تتشكل حين يعوق الجليد دفق الماء. وتحدث أحياناً حين يسد النهر الذي ذاب جليده بمساحة متجمدة من مياه النهر في أسفل المجرى. كما يحدث حيث ينساب نهر جليدي إلى أسفل مجراه ليلتقي بنهر غير متجمد عند نقطة التقائهما. يستمر الماء بالعبور تحت السد الجليدي إلى أن يحدث تحرير مفاجئ للمياه المحتجزة والتي قد تفيض على الأراضي المجاورة في أسفل المجرى.

الدفق الطيني

يحدث الدفق الطيني حين تنساب كتلة زلقة من الماء الممتزج بالتراب والصخور بسرعة إلى أسفل منحدر. يحدث ذلك غالباً حين تهطل أمطار غزيرة على منطقة جبلية بعد موسم طويل من الجفاف. تكثر حوادث الدفق الطيني في الأماكن القاحلة وشبه القاحلة. ينساب الدفق الطيني بسرعة 100 كم/سا مما يشكل خطراً على الحياة والممتلكات. وقد شوهدت جلاميد صخرية بحجم منزل تنتقل بسرعة مع الدفق الطيني.

الدفق الفتاتي

الدفق الفتاتي هو تيار مندفع بسرعة من الغازات الحارة والصخور. ويتألف عادةً من قسمين: دفق قاعدي يلامس الأرض ويحمل شظايا صخرية خشنة وكبيرة، وتنتقل فوقه سحابة من الرماد الشديد الحرارة تنشأ من التقاء الدفق القاعدي مع الهواء البارد في الغلاف الجوي. يكتسح الدفق الكثيف واللزج الأشجار والمباني في طريقه ويحرق أي كائن حي يصادفه على الفور.

حقائق مهمة

- اجتاحت مدينتي بومبي وهركولانوم تجيشات الدفق الفتاتي في سنة 79 م مما تسبب في فقدان الكثير من الأرواح.
- برز في المسكيك في سنة 1943 بركان يدعى باريكوتين في حقل أحد المزارعين وارتفع خلال أسبوع إلى 160 متر.

السيول الجارفة

السيول الجارفة هي فيضانات مفاجئة في أراضٍ منخفضة، وهي تحدث بعد الأمطار الغزيرة والعواصف الرعدية والأعاصير والذوبان السريع للجليد والثلوج. ويمكن أن تنشأ أيضاً نتيجة لسدود جليدية أو ركامية تحدث فجأةً. ويمكن أحياناً أن تتسبب المنشآت من صنع الإنسان كالسدود في حدوث السيول الجارفة. كما حدثت سيول جارفة في المناطق الواقعة على البراكين أو قربها بعد ثورة تلك البراكين حين ذابت الأنهار الجليدية نتيجة للحرارة الشديدة.



الأخطار الجيولوجية المتمهلة

تحدث بعض العمليات الجيولوجية بمعدلات غير ملحوظة كتلك التي تشكل الجبال أو تعريها. ومعظم هذه العمليات لاتعد خطراً بالمعنى الحقيقي للكلمة، ولكنها يمكن أن تؤدي إلى تغيرات مفاجئة، فمثلاً يمكن أن تؤدي الحركة البطيئة للصفائح التكتونية إلى حدوث زلازل أو موجات تسونامي حين ترتطم هذه الصفائح ببعضها. وتتابع الترسبات تراكمها إلى أن يرزح الكثيب تحت ثقله مما يؤدي إلى حدوث انزلاق أرضي أو انهيار ثلجي.

مراوح الطمي

وهي رسوبات مروحية الشكل من المواد التي تنقلها المياه، وتتشكل عند قاعدة التضاريس الطبوغرافية حيث يوجد انكسار واضح في المنحدر. تتميز المراوح بحصاها الخشنة عند فمها ورمالها وحصاها الناعمة عند حوافها. وحيث أن مراوح الطمي تتعرض للفيضان فإن السكن بالقرب منها يمكن أن يشكل خطراً دائماً. يمكن للمياه المندفعة الحاملة للطين والركام أن تحيط بالمساكن حتى على بعد عدة كيلومترات من قمة المروحة.

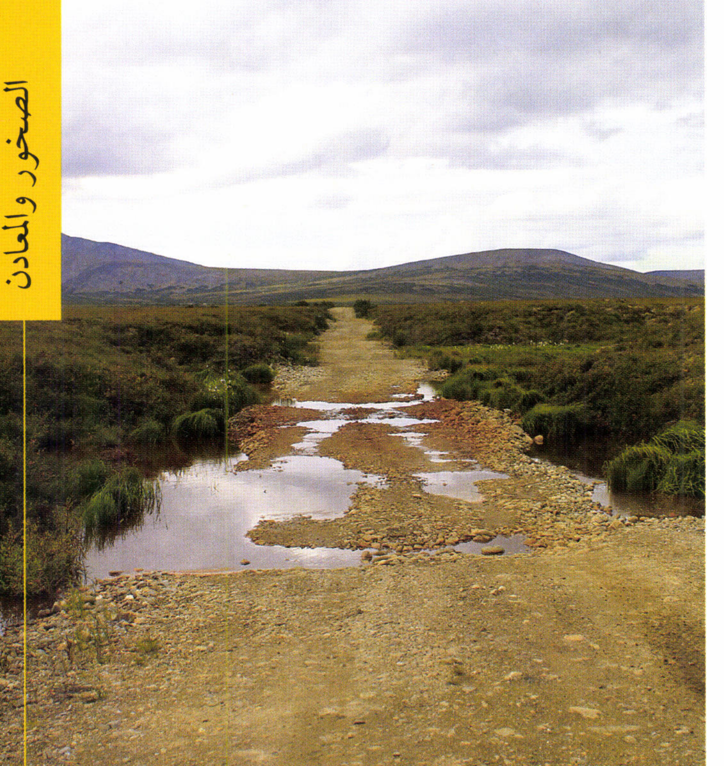
الفوارات

الفوارات هي نوافير طبيعية تطلق الماء الحار المغلي والبخار لمئات الأقدام في الجو. وهي توجد عادةً في المناطق البركانية حيث تذوب صخور الريوليت في المياه الحارة وتشكل ترسبات معدنية داخل الأقنية الباطنية الأرضية. يبدو الماء نقياً ولكنه يحوي على مركبات معدنية كالكبريت والزرنيخ. وتبقى بعض الفوارات هامدة لعدة سنوات إلى أن تثور فجأةً باندفاع عنيف.



حقائق مهمة

- تصل درجة حرارة الينابيع الحارة في المناطق البركانية إلى درجة الغليان أو بالقرب منها. وقد سبق أن أصيب الناس بحروق أو قتلوا حين دخلوا صدفةً أو عمداً إلى هذه الينابيع.
- ينغمر حوالي 100 فدان من منتزه سان هاسينتو التاريخي في هيوستون تحت الماء نتيجة لانخساف الأرض.



انخساف الأرض

يشكل انخساف الأرض في المناطق ذات التربة الكارستية أو تلك التي تحوي مناجماً أو تشهد أنشطةً جوفية طبيعية أو بشرية سبباً مثيراً للقلق. يؤدي انخساف الأرض إلى صنع كهوف وحفر تحت الأرض. يؤدي تعري التربة الجوفية إلى انخساف السقف الواهن فينتج عن ذلك أضرار في المنشآت، بل وحتى انهيار المساكن القائمة على تلك الأرض. وتتعرض هذه المناطق غالباً إلى الفيضانات الجائحة.

التسيُّل

يحدث التسيل حين تتعرض الترب الرملية المشبعة بالماء إلى زلزال متوسط الشدة. تفقد التربة المتسيلة قوتها وتبدو كمائع لزج بدلاً من كونها صلبة. يؤدي ذلك إلى خسف المباني في الأرض أو ميلانها، وإلى غور سطح الأرض وتشققه. يمكن أن يتسبب التسيل بأضرار بالغة في الممتلكات في المناطق المعرضة للزلازل. وأكثر الأراضي المعرضة للتسيل هي تلك التي تقع على ضفاف الأنهار والجداول والبحيرات.

هجرة الكثبان الرملية

تبين هجرة الكثبان الرملية عمل الرياح في البيئات القاحلة وشبه القاحلة حيث يتوفر كم كبير من الرمال والرياح والقليل من الغطاء النباتي مما يساعد على حدوث هذه الظاهرة. تتعرض الكثبان للحت في الجانب المواجه للريح، وللترسيب في الجانب المعاكس للريح. في التجمعات السكنية التي تجاور هذه المناطق تهدد الكثبان المهاجرة المنازل والصحة وطرق المواصلات. يشكل التقدم المحموم للكثبان الصحراوية تهديداً كبيراً للمساكن والزراعة.

▲ كثبان رملية

من أين أتت الصخور؟

نرى الصخور فيما حولنا كهياكل للجبال والتلال وكقواعد للسهول والوديان وفي أسفل المحيطات بل وتحت أقدامنا. ولكن مِمَّ تتألف هذه الصخور؟ وكيف تشكلت؟ إنها تتألف في معظمها من بلورات من مختلف أنواع المركبات المعدنية التي نشأت على أعماق مرتفعة من الأرض. إن دراسة مختلف المركبات المعدنية وبنية البلورات ونموذج تراكب حباتها على بعضها يعطينا فكرة عن مكان تشكل الصخور.

مركز الأرض

يعرف مركز الأرض بأنه مركز الكتلة الصلب للأرض. وهذه المعلومات مهمة لأنها تزودنا بإطار مرجعي يحدد فيه العلماء الحركات النسبية للمواقع الموجودة على سطح الأرض وفي غلافها الجوي وفي الفضاء. هذه المعلومات ضرورية أيضاً لدراسة التغيرات في مستويات البحر العالمية والزلازل والبراكين ودراسة تراجع الصفائح الجليدية اليوم. مركز الأرض هو أسخن أجزاء الأرض، ولكنه يوجد في حالة صلبة بسبب الضغط الهائل الذي يتعرض له من كل جوانبه. تستمر هنا التيارات الناقلة للحرارة بدفع المواد الحارة نحو الأعلى، بينما تهبط المواد المتبردة نحو الأسفل. وهو أيضاً الطبقة الأرضية التي تشكل الحقل المغنطيسي للأرض وتحافظ عليه.

طبقات الوشاح

قسم الجيولوجيون وشاح الأرض إلى قسمين متطابقين. تبلغ سماكة الطبقة الخارجية 410 كم وتدعى الوشاح العلوي، أما الوشاح السفلي فتبلغ سماكته 2891 كم. تقع هاتين الطبقتين بين الغلاف الصخري واللب. وتحوي كلا الطبقتين على صخور الأوليفين والبيروكسين والإسبنيل والعقيق. تشكل الحرارة الباطنية التي تطلقها الأرض أمواجاً يتعرف من خلالها العلماء على الكثافة ودرجة الحرارة والتحركات الجارية ضمن الوشاح. تصعد الصهارة الحارة إلى السطح وتنتشر جانبياً دافعةً بالصفائح المحيطية والقارية بسرعة تصل إلى عدة سنتيمترات في العام.

▲ الأوليفين



▲ بلورات الإسبينيل الحمراء

▲ بلورات العقيق

نطاق السرعة الخفيضة – Low velocity zone القسم العلوي من الوشاح الذي تبلغ ثخانته 80–200 كم هو طبقة شبه صلبة تدعى الطبقة الانسيابية. في هذا النطاق تتصرف الصخور كما لو كانت مصنوعة من اللدائن المطاطة. في الوقت نفسه تكون هذه المواد هشة وقابلة للانقصاف مما يسبب تشكل الصدوع. تتألف الصخور هنا من سيليكات الحديد والمغنيزيوم ويطلق على المنطقة نطاق السرعة الخفيضة لأن الموجات الرجفية تتحرك في هذه الطبقة ببطءٍ شديد.

حقائق مهمة

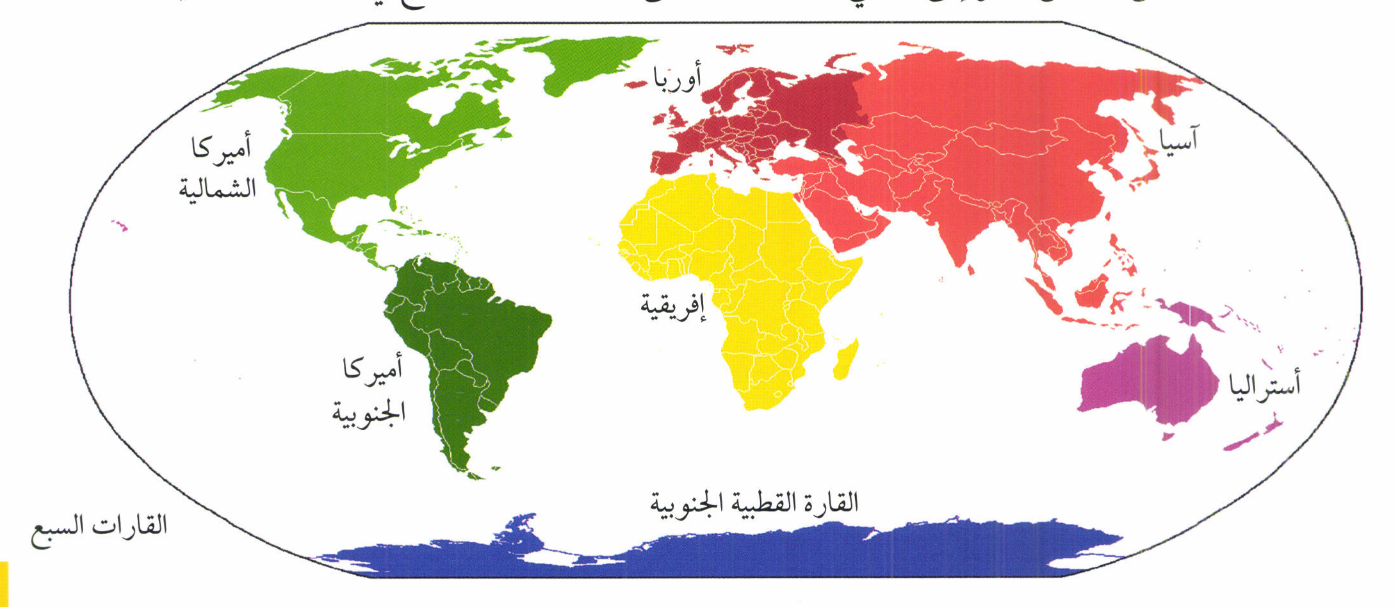
- تشكلت ولاية هاواي الأميركية على صفيحة تكتونية تدعى صفيحة الهادئ.
- الغلاف الصخري في تحرك دائم ولكن بسرعة بطيئة جداً.

الغلاف الصخري

ويدل على الطبقة الخارجية من الأرض مع الجزء العلوي من الوشاح. تدعى هذه الطبقة الرقيقة أيضاً بالقشرة، وتتألف من الصخور السيليكاتية وتشكل حوالي 1٪ من إجمالي مساحة الأرض. أدت التيارات الصاعدة من الوشاح إلى تقسيم القشرة إلى كتل تدعى الصفائح، وهي تتحرك ببطء مرتطمةً ببعضها بعضاً بحيث تشكل الجبال، أو تتباعد عن بعضها فتشكل قيعان جديدة للبحار. تحوي جميع الكواكب الصخرية غلافاً صخرياً، وتعد الأغلفة الصخرية لكواكب عطارد والزهرة والمريخ أكثر ثخانةً وصلابةً من الغلاف الصخري للأرض.

القارات والمحيطات

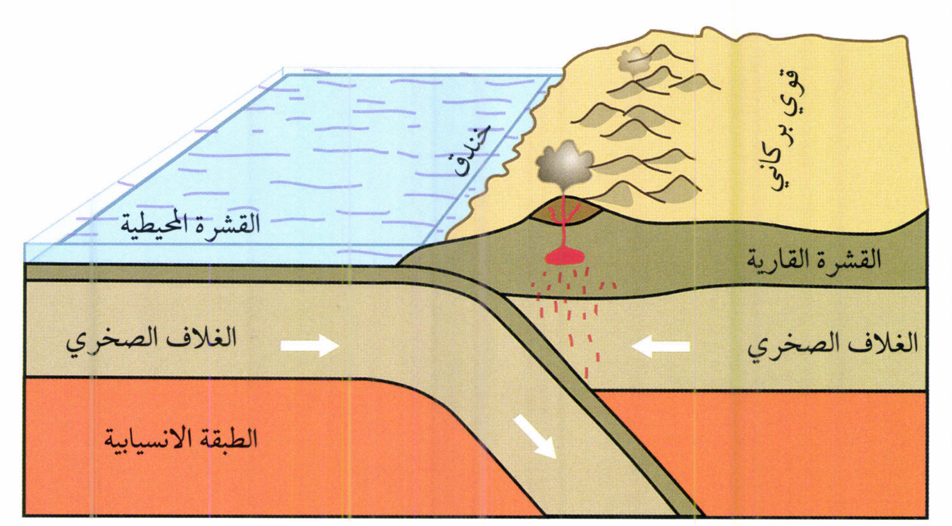
تتألف المناطق الأكثر ثخانةً في الغلاف الصخري من مواد أخف كالغرانيت والكوارتز والفلسبار تشكل القارات. تتحرك هذه الكتل السميكة ببطء كجبال ثلجية عملاقة. وتتألف المناطق الأقل ثخانةً في الغلاف الصخري والتي تشكل قيعان المحيطات والبحار من البازلت. ولا تزيد ثخانتها في بعض الأماكن عن 10 كم. تختلف القارات عن بعضها بعضاً، ولكنها تشترك جميعاً عدا القارة القطبية الجنوبية بأنها إسفينية الشكل حيث يكون قسمها الأعرض في الشمال ولكنها تضيق بالاتجاه جنوباً. نعتبر عموماً وجود سبعة كتل قارية من الأراضي الثابتة، ولكن البعض ينظر إلى قارتي آسيا وأوربا على أنها قارة واحدة تقع في الكتلة الأوراسية.



القارات السبع

القشرة الأرضية

القشرة هي الطبقة الخارجية الرقيقة للأرض. تتفاعل هنا الصخور الجافة والحارة من باطن الأرض بالماء والأكسجين على السطح مشكلةً أصنافاً جديدة من المركبات المعدنية والصخور. وهي تتفاوت في ثخانتها بين 80 كم وأقل من 1 كم، وتتميز بتنوعها الجيولوجي المهم والثمين من الفلزات المعدنية إلى سرائر الغضار والحجر السميكة التي لا توجد في أي مكان آخر داخل الكوكب.



الغلاف الصخري

اشتق اصطلاح الغلاف الصخري أو الليثوسفير من كلمة ليثوس اليونانية وتعني "صخرة". يمكن مقارنة هذه الطبقة الوطيدة والقصفة من الأرض برمث يطفو على بحر من الطين الثخين. تقسم الطبقة الصخرية بأكملها إلى صفائح تدعى الصفائح التكتونية. وتختلف هذه الصفائح عن بعضها بعضاً كثيراً من حيث الثخانة والكثافة والتركيب. تتفاعل الطبقة العليا من الغلاف الصخري كيميائياً مع الغلاف الجوي والغلاف المائي والغلاف الحيوي في عمليات مشكلة للتضاريس السطحية.

القشرة المحيطية

وهي طبقة رقيقة تغطي 60٪ من سطح الأرض. لا تزيد ثخانة هذه القشرة عن 20 كم، وهي أكثر ثخانةً ووزناً من القشرة القارية. حين تشد حواف الصفيحة بعيداً عن بعضها عند حيد منتصف المحيط تصعد المواد من الوشاح العلوي وتنتشر على أرض البحر على شكل طبقات. وتتألف الطبقة العليا بشكل رئيس من البازلت.

حيود منتصف المحيط

وهي سلاسل جبلية تتشكل في قاع البحر. يشكل حيد منتصف المحيط الحدود وحيدة تمثل جزءاً من كل محيط، ويجعلها ذلك أطول سلسلة جبلية في العالم. هذه المناطق نشطة جيولوجياً حيث تبرز منها الصهارة لتشكل وديان خسف واسعة وعريضة أو قمم حادة وضيقة يمكن أن ترتفع إلى أكثر من 3000 قدم فوق سطح البحر.

القشرة القارية

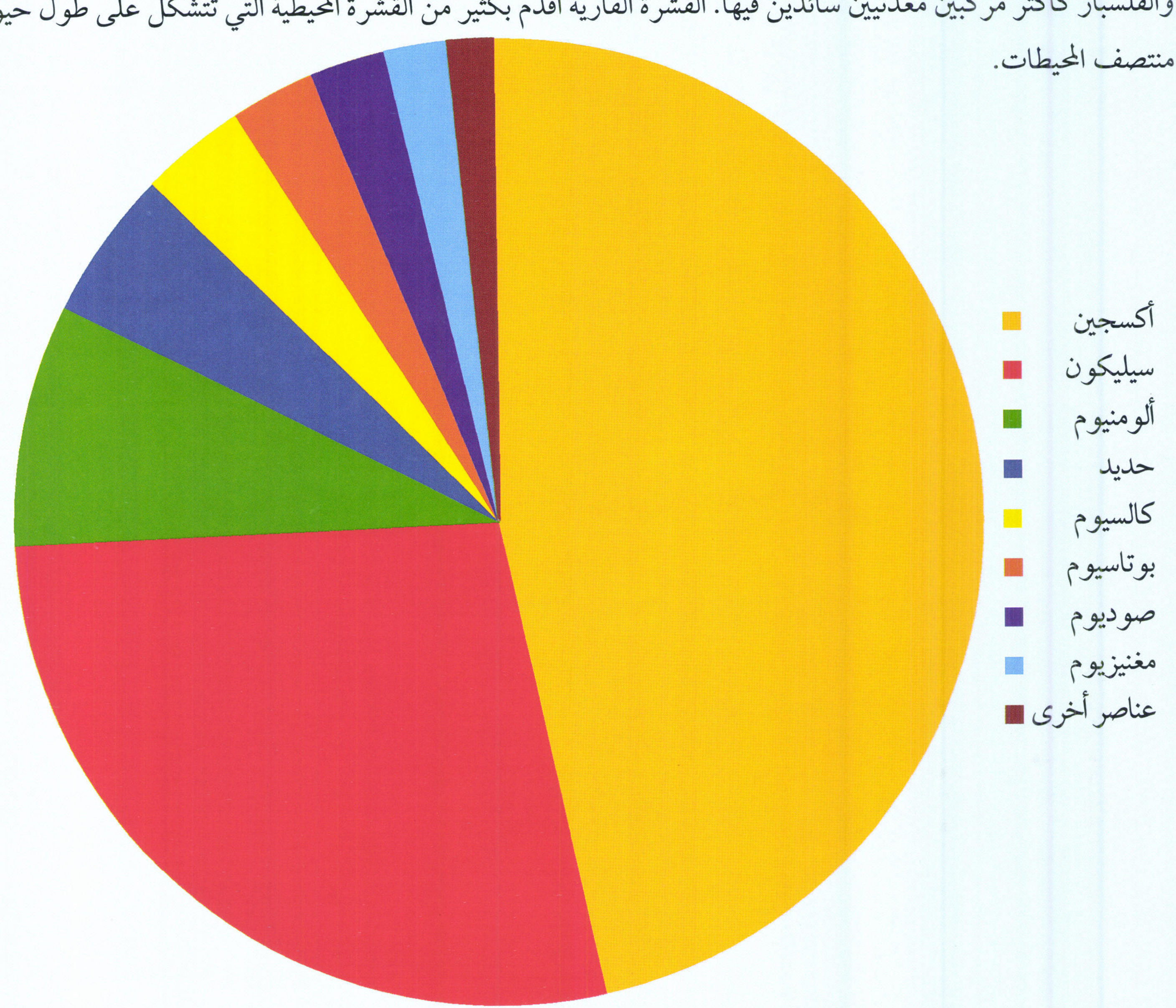
تتفاوت ثخانتها من 80 إلى أقل من 1 كم. وهي تغطي أقل من 40٪ من سطح الأرض، ولكن مساحتها تنمو ببطء. وهي أقدم من القشرة المحيطية، حيث يبلغ عمر بعض صخورها حوالي 3.8 مليار عام. تسود في هذه الطبقة الصخور النارية، وقسمها العلوي غرانيتي في معظمه، أما قسمها السفلي فيتألف على الأغلب من البازلت والديوريت.

حقائق مهمة

- يحوي حزام نوفواغيتوك ذو الحجارة الخضراء في مقاطعة كيبك الكندية على أقدم التشكيلات الصخرية على الكوكب، حيث يعتقد أن صخورها تعود إلى 4 مليارات عام.
- المداخن السوداء هي ينابيع شديدة الحرارة تقع عند حيد منتصف الأطلسي. يؤدي امتزاج الماء والحديد والكبريت إلى بناء مداخن سوداء في قاع المحيط الصخري.

تركيب القشرة

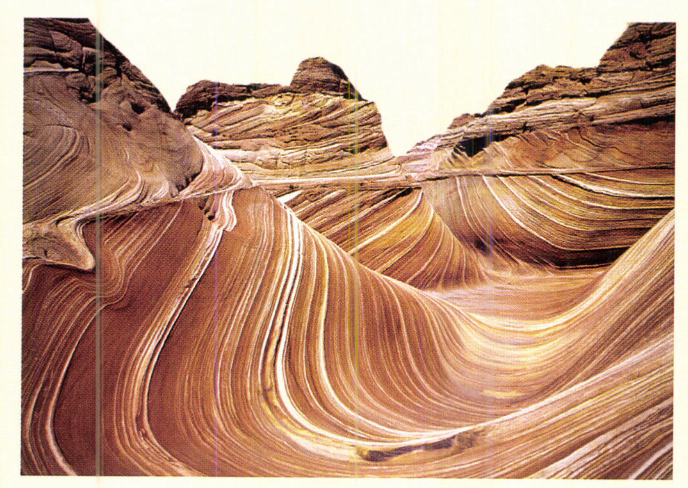
تتألف القشرة القارية من صخور غرانيتية تحوي على كميات أكبر من السيليكون والألومنيوم مما تحويه القشرة المحيطية البازلتية. تتألف القشرة المحيطية في معظمها من البازلت، أما القشرة القارية فتضم صخوراً غرانيتية تحوي على الكوارتز والفلسبار كأكثر مركبين معدنيين سائدين فيها. القشرة القارية أقدم بكثير من القشرة المحيطية التي تتشكل على طول حيود منتصف المحيطات.



وجه الأرض المتغير

غالباً لا نلاحظ ذلك، ولكن الأرض تتغير على الدوام. تحدث بعض التغيرات بسرعة كالانزلاقات الأرضية أو الدمار الناتج عن الزلازل. وفي أحيان أخرى تعمل الريح والماء والجليد على التضاريس فتؤدي إلى تغيرات يستغرق حدوثها آلاف السنين. وهي تعيد بناء المحيطات والقارات، وتحدث هذه التغيرات البطيئة عن طريق حت وتعرية الصخور.

الحت والتعرية



التعرية هي تفتيت الصخور الكبيرة إلى شظايا وحصى صغيرة ورمال وطمي، ثم تطرأ عمليات الحت على هذه القطع الصغيرة بواسطة الريح والماء والأنهار الجليدية التي تنقلها من مكان إلى آخر. ترسب هذه المواد في مواقع جديدة حيث تشكل سهولاً فيضية ودلتات وألسن رملية وشواطئ. تحدث كلا العمليتين في وقت متزامن، وغالباً ما تزيد منها الأنشطة البشرية كقطع الغابات واستصلاح الأراضي للبناء والإفراط في الرعي.

الريح

يحدث حت الرياح غالباً في المناطق الجافة وشبه الجافة. من أكثر الأراضي المعرضة لحت الريح هي تلك المساحات الواسعة المنبسطة من الأراضي الجافة ذات التربة الرملية أو أية منطقة ذات تربة جافة ورخوة. ولا تقتصر أضرار الحت على النبات الطبيعي، بل إنه مع الزمن يغير من تركيب التربة. غالباً ما تحمل الريح حبات صغيرة من الرمال فتحت بها الصخور المكشوفة مما يؤدي إلى صنع أشكال ومشاهد غير مألوفة في الصخور.

▲ سندان صحراوي في بوليفيا



الماء

المياه المندفعة هي من أقوى عوامل الحت. يمكن أن يؤدي عمل المياه المتدفقة إلى هدم جبال بأكملها وتشكيل السهول في بعض المناطق. تحفر الأنهار السريعة الدفق ودياناً ووهاداً عميقة، بينما يغير العمل المستمر للأمواج من شكل السواحل. يمكن للماء أن يزيل المواد من السواحل، وينقل الساحل إلى مسافة أبعد داخل البلاد، أو قد يرسب حمولاته من المواد على الساحل فيشكل منه شاطئاً.

عوامل أخرى

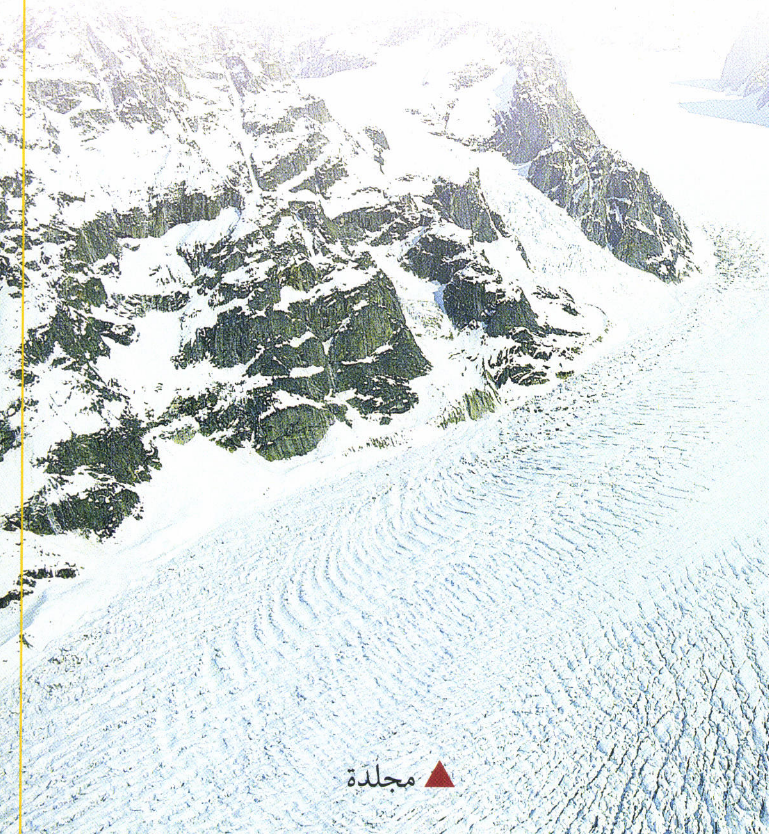
من العوامل الأخرى التي تقوم بدورٍ مهم في تفتيت الصخور هي النباتات حين تدفع بجذورها عبر شقوق الصخور. وعندما ينمو النبات يؤدي نمو جذوره إلى تشقق الصخور. ويمكن لأمواج البحر أن تقتطع كتلاً كبيرة من الساحل بارتطامها المتواصل عليه. كذلك يساهم الإنسان والحيوان في تزايد عمليات الحت بأنشطتهم المختلفة كالإفراط في الرعي وقطع الغابات.

حقائق مهمة

- الصخور المخدوشة هي صخور غريبة الشكل توجد في القارة القطبية الجنوبية. وقد عملت على حتها الرياح التي تكون محملة بذرات صغيرة من الرمال.
- حفر نهر كولورادو على مدى 5 ملايين عام عميقاً في جبال روكي مشكلاً الوادي الكبير. يبلغ عمق الوادي أكثر من 1600 م وعرضه أكثر من 29 كم في بعض المناطق.

الجليد

يمكن أن يكون الجليد عاملاً رئيساً في تفتيت الصخور حين تصل درجات الحرارة إلى نقطة التجمد. يتجمد الماء الذي يتسرب إلى الشقوق الصغيرة فيتوسع ضاغطاً على جدران تلك الشقوق. ومع الزمن يؤدي تكرار هذه العملية إلى تشقق الصخر. تقوم المجلدات في المناطق القطبية بتشكيل سطح الأرض باقتلاع الصخور ونقلها نحو الأسفل ليتم ترسيبها عند خطوط العرض الدنيا.



▲ مجلدة

تشكل الجبال

يقصد بتشكل الجبال العمليات التي تؤدي إلى بنائها. اشتق اصطلاح تشكل الجبال أو الأوروجينيا من الكلمة اليونانية "أورو" وتعني "الجبل"، وكلمة "جينيسيس" وتعني "الخلق". تؤدي تحركات الصفائح التكتونية إلى تشوه بنيوي على نطاق واسع في الغلاف الصخري للأرض يدعى بالحزام الجبلي orogenic belt وهي العملية الرئيسة التي تبني الجبال على القارات حين تدفع الصفيحة القارية نحو الأعلى مشكلةً طيات.

عملية بناء الجبل

يمكن لعملية بناء الجبل أن تستغرق ملايين السنين لأن الجبال تبنى من السهول أو حتى المحيطات. تشمل العملية طي طبقات الصخور وتصدعها، والنشاط البركاني، إضافة إلى التداخلات والتحولات النارية. ينتج عن عملية تشكيل الجبال عادةً بنى قوسية تحوي على أشرطة متوازية من الصخور التي تبدي خواص ومميزات متشابهة على طول الحزام. تدعى دراسة هذه العمليات المستمرة بالتكتونيات الجديدة neotectonics.

جبال الطي

وهي أكثر أنواع الجبال شيوعاً على الأرض. حين تصطدم صفيحتان تكتونيتان ببعضهما يؤدي الضغط الهائل على حوافهما إلى دفع سلسلة من الطيات نحو الأعلى. وحيث أن الصفائح تتحرك بمعدل عدة سنتيمترات في العام فإن تشكيل الجبل يمكن أن يستغرق ملايين السنين. مع الزمن تعري الرياح والماء أقساماً من الأرض وتخلف مكانها تلالاً صخرية خفيضة.



حقائق مهمة

- الخفاف أو الخفان هو صخر بركاني (أو ناري) فريد يمكن أن يطفو على سطح الماء. ويمكن أن يستخدم كمادة كاشطة لاسيما في صالونات التجميل حيث يمكن استعماله لإزالة البشرة الجاسئة.
- يتميز وادي الموت الواقع في جبال شرقي كاليفورنيا بأنه أخفض وأسخن وأكثر المناطق جفافاً في أميركا الشمالية.

الجبال الكتلية

تتشكل هذه الجبال حين يؤدي الضغط في باطن الأرض إلى كسر كتلة صخرية بأكملها ودفعها نحو الأعلى. يدعى الخط الذي تنكسر عنده هذه الكتلة الصدع fault. تندفع كتل كبيرة يبلغ طولها أحياناً مئات الكيلومترات إلى أعلى خطوط الصدع مشكلةً الجبال والتلال والمنحدرات والبحيرات والوديان. وتمتاز هذه الجبال بوجهها الصخري الصرف.

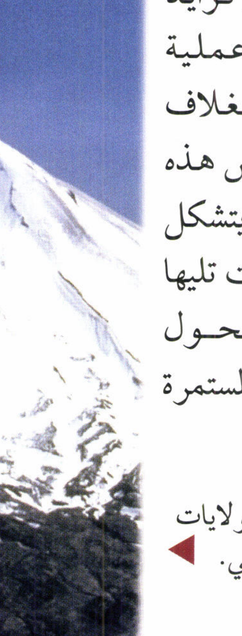


▲ تتألف سلسلة جبال سييرا نيفادا في الولايات المتحدة من جبال كتلية.

الجبال البركانية

تنتج الجبال البركانية من الانصباب المستمر لدفق الحمم من أعماق الأرض. تنشط البراكين بكثرة على طول حدود الصفائح حيث تثور البراكين مشكلةً جبالاً. تحدث 90٪ من الهزات الزلزالية و80٪ من أضخم الزلازل على طول طوق النار. يحوي هذا الحوض النضوي الشكل في المحيط الهادئ على 452 بركاناً، ويطلق على هذا الطوق الحزام المحيط بالهادئ أو حزام الهادئ الرجفي المحيط.





دورة الجبال

ترتبط عملية تشكل الجبال بالصفائح التكتونية، ولكن القوى التكتونية تتعلق بها مجموعة من الظاهرات الأخرى كاندفاعات الصهارة والتحولات الجيولوجية وذوبان القشرة أو تزايد ثخانتها. يعتمد ما يحدث في عملية تشكل جبال معينة على قوة الغلاف الصخري القاري وتأثر خواص هذه الجبال أثناء عملية التشكل. وما أن يتشكل الجبل حتى يتعرض لعمليات الحت تليها عمليات الاندساس والتحول الجيولوجي. تدعى هذه الدورة المستمرة بدورة الجبال.

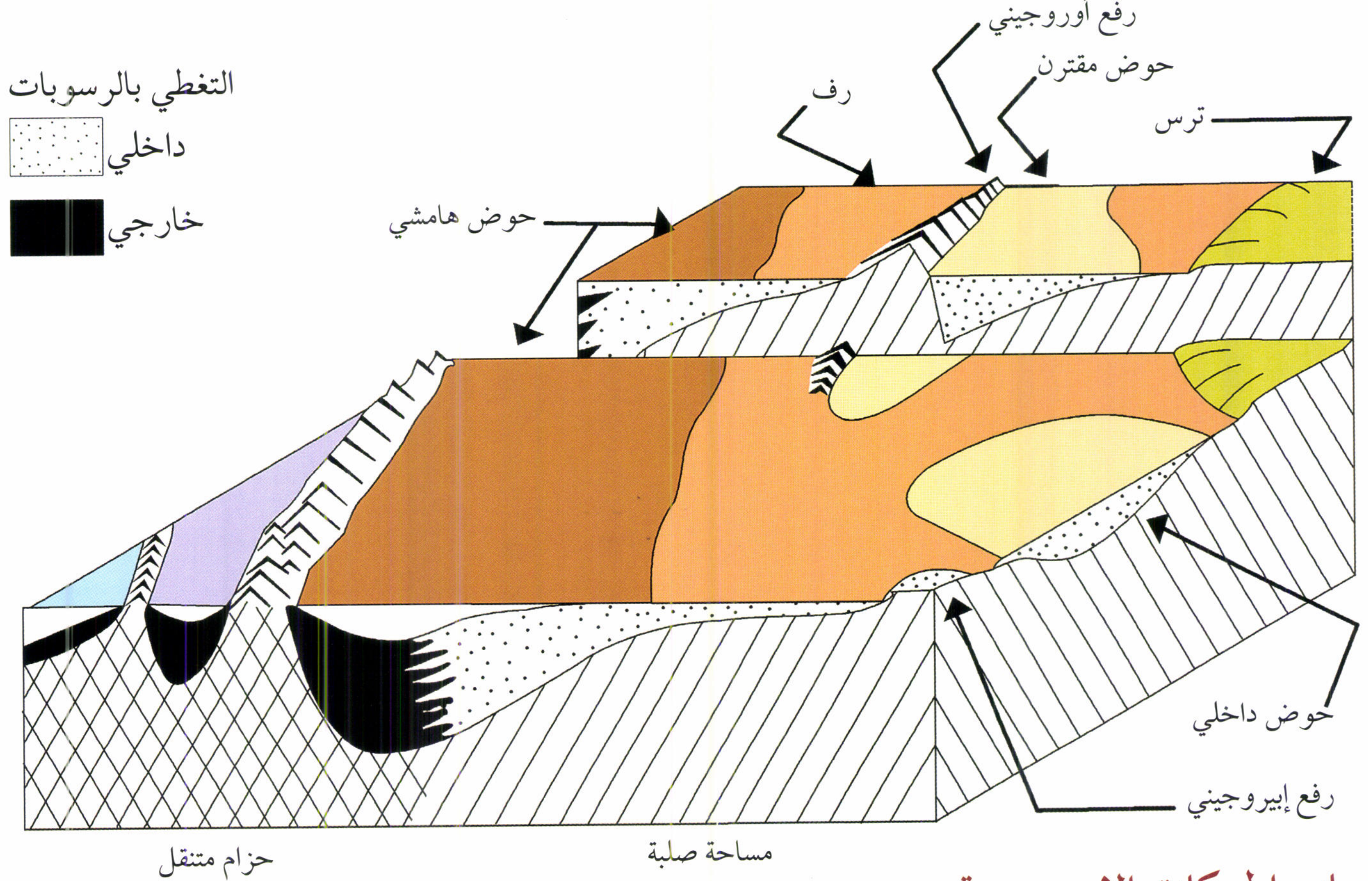
◄ جبل سينت هيلنز في الولايات المتحدة هو جبل بركاني.

تشكل القارات

اشتق اسم إبيروجينيا الذي يعني تشكل القارات من كلمة "إبيروس" اليونانية وتعني الأرض، وكلمة "جينيسيس" وتعني "ولادة". يدل هذا الاصطلاح جيولوجياً على الاضطرابات الرافعة أو الخافضة للأرض. وتشمل هذه الدراسة العمليات التي تؤدي إلى تشكيل الأرض وتضم طيات وتموجات واسعة. تدعى الأقسام المركزية الواسعة من القارات المساحات الصلبة craton وهي تخضع للحركات الإبيروجينية المشكلة للقارات. تنشأ هذه الحركات من القوى التي تنشط في الغلاف الصخري والتي تؤدي إلى حدوث التصدعات في القشرة.

مميزات الحركات الإبيروجينية

خلافاً للحركات الأوروجينية المشكلة للجبال لا تنتج عن الحركات الإبيروجينية طيات في الطبقات الصخرية. تؤثر هذه الحركات في منطقة واسعة تضم عموماً المساحات المركزية في القارات، وهي تحدث خلال فترة زمنية طويلة جداً وتؤثر في عمليات الترسيب التي تحدث في المنطقة طيلة ذلك الوقت. هذه الحركات يمكن أن تكون انعكاسية حيث تتعرض المنطقة إلى الرفع في فترة ما ثم تتعرض إلى الخفض أو الخسف في فترة أخرى



أسباب الحركات الإبيروجينية

تنشأ الحركات الإبيروجينية عندما يختل التوازن بين الغلاف الصخري القصف للأرض والطبقة الانسيابية المائعة. تؤدي التعرية والحت وعمليات النقل والترسيب إلى انتقال الكتل الصخرية من سطح الأرض العلوي إلى المناطق الباطنية المنخفضة. يؤدي ذلك إلى تفاوت الثخانة والكثافة بين أقسام القشرة الأرضية. ثم تصعد المواد الصخرية من الوشاح لتحل محل المناطق التي فرغت.

دائمة أو زائلة

يمكن للحركات الإبيروجينية أن تكون دائمة أو قصيرة الأمد. يمكن أن يحدث رفع قصير الأمد نتيجة لتيارات النقل الحراري الموجودة في الوشاح الحار. ولكن هذا الرفع يعود إلى الانخفاض مع زوال أو ضعف الطاقة الحرارية. يحدث الرفع الدائم حين تدفع المواد النارية إلى القشرة فيحدث عندها ما يدعى بالتصعيد البنائي structural uplift ويمكن أن يحدث ذلك بدون أن يتسبب بحدوث طيات في طبقات الصخور.

حقائق مهمة

- بحيرة بايكال هي أعمق وأقدم بحيرة مياه عذبة في العالم وتقع في أعمق وادي خسف قاري في العالم. يبلغ عمقها 1187 متر وهو يزداد في كل عام.
- عثر في منطقة وادي الخسف الشرق أفريقي في إثيوبيا على بقايا إنسان عفار الجنوبي، وتعود هذه البقايا لطفلة عاشت قبل 3.2 مليون عام، وقد أطلق عليها اسم لوسي. تساعد الأحفورات الشبيهة بأحفورة لوسي العلماء على فهم ظهور الجنس البشري.

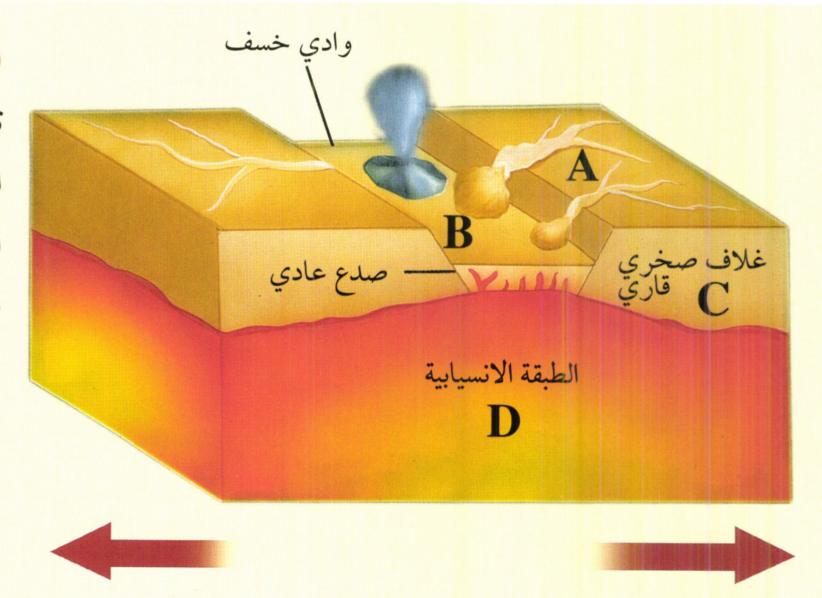
أمثلة على الحركات الإبيروجينية

أدت الحركات الإبيروجينية إلى تشكيل القارات والمحيطات نتيجة للتشوهات التكتونية في القشرة الأرضية. أدت هذه التحركات إلى رفع منطقة جنوبي جبال روكي من 1300 م إلى 2000 م خلال العصر الفجري (الإيوسيني). وتعد جبال الأنديز منطقة ما تزال في طور الرفع الإبيروجيني المستمر مما يسبب انقسامها إلى مقاطع.

▼ جبال الأنديز

وديان الخسف

تنشأ وديان الخسف حين تتحرك الصفائح التكتونية مبتعدةً عن بعضها بعضاً. يمكن لمناطق الانخساف هذه أن تؤدي إلى تشكيل قارات جديدة، أو قد تعمق الوديان الموجودة فيها. وقد اكتشفت وديان خسف تحت الماء على طول الحيود العظمى لمنتصف المحيطات. تتصاعد المواد المصهورة من باطن الأرض وتقسى مشكلةً قشرةً محيطية جديدة في أسفل وادي الخسف المغمور.



التحركات الأرضية

سطح الأرض في حركة دائمة تسببها تيارات النقل الحراري الموجودة في الوشاح. تؤدي القوى الموجودة إلى إحداث توتر ينشأ عنه دفع وشد وتحريك لصفائح القشرة. تغير قوى التوتر من شكل وحجم القشرة بتكسير وإمالة وطي الصخور الموجودة فيها. تشترك عمليات التعرية والحت والحركات التكتونية بهدم أو بناء التضاريس على سطح الأرض باستمرار.

الصفائح المتحركة

توجد في أعماق الأرض وعلى السطح قوى تعمل على تغيير سطح الأرض باستمرار. يمكن للصفائح التكتونية أن ترتطم ببعضها وتندس تحت بعضها بعضاً أو حتى أن تنزلق بعكس بعضها أفقياً، وكلما حدث شيء من هذا القبيل تعتصر الصخور أو تنحني أو تمتد مسببةً توتراً. يؤدي التوتر بدوره إلى تهشيم الصخور وإطلاق طاقة تتحرك الصفائح التكتونية على إثرها.



الزلازل

الزلازل هي الاهتزازات السريعة المفاجئة للأرض. حين تتحرك صفائح القشرة تحدث موجات رجفية يمكن الشعور بها على سطح الأرض. للزلازل شدات مختلفة ويمكن أن تتسبب في الانزلاقات الأرضية أو الانهيارات الثلجية من جوانب الجبال. تحدث الزلازل على الدوام في مختلف مناطق القشرة، ولكننا لا نشعر إلا بالزلازل القوية أو القريبة من سطح الأرض.

▼ منزل منهار نتيجة لزلزال

البراكين

تغير البراكين سطح الأرض بقذفها للمواد المصهورة التي تتصلب مشكلةً صخوراً جديدة. تثور بعض البراكين بدفق بطيء ومستمر من الحمم التي يمكنها أن تنتقل لمسافات بعيدة، ويثور بعضها قاذفاً الجمر والصخور والرماد في الهواء لتسقط قريباً من فوهة البركان، وتقذف بعض البراكين مزيجاً من دفق الحمم والصخور والجمر. ويمكن للثورات البركانية أن تسبب الزلازل أو الانزلاقات الأرضية أو الانهيارات الثلجية.

التعرية

التعرية هي تجزئة سطح الأرض بقوى الطبيعة كالريح والماء والجليد ودرجات الحرارة القصوى. تفتت هذه القوى المواد الصخرية في الطبقات العليا من الأرض. معظم هذه العمليات ذات طبيعة ميكانيكية، ولكن بعض التفتيت يحدث نتيجة للتحلل الكيميائي للمركبات المعدنية الموجودة في الصخور. كما يقوم كل من الإنسان والحيوان والنبات بأدوارٍ مهمة أيضاً في تعرية الصخور.

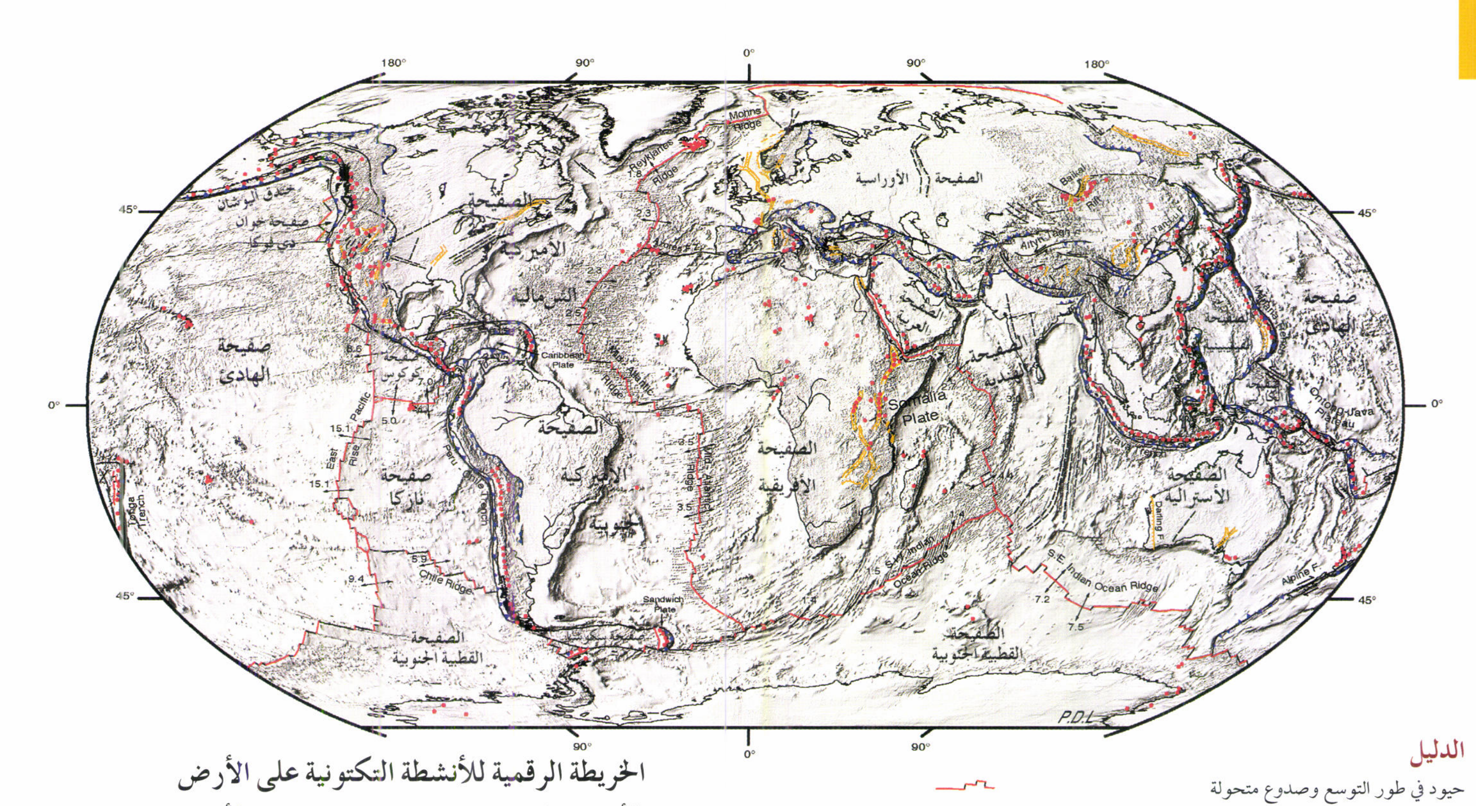
الحت

الحت عملية طبيعية تنقل الصخور والمواد الرخوة الموجودة على سطح الأرض من مكان إلى آخر. وهي عملية بطيئة وتدريجية تحدث على مدى آلاف أو ملايين السنين. ويعتمد معدل الحت إلى حد كبير على نوع الصخور والقوى التي تؤثر عليها. ويمكن للأنشطة البشرية كالزراعة والتعدين أن تسرِّع من معدل الحت.

حقائق مهمة

- ليس غريباً مشاهدة جزر جديدة تبرز في المناطق الدلتاوية من بنغلادش حيث يمكن لمزارع فقير أن يحصل على قطعة صغيرة جديدة من الأرض شكلتها الرسوبات النهرية قرب حقله.
- يؤدي وجود طبقات متتالية من الصخور الطرية في مجرى نهري منحدر إلى تشكيل جنادل أو شلالات صغيرة.





الخريطة الرقمية للأنشطة التكتونية على الأرض

الأنشطة التكتونية والبركانية في المليون عام الأخيرة

DTAM – 1

ناسا، مركز غودار للطيران الفضائي
غرينبلت، ميريلاند

مسقط روبنسون

تشرين الأول/ أكتوبر 2002

الدليل

حيود في طور التوسع وصدوع متحولة

معدل التوسع الإجمالي سم/عام

صدع أو منطقة تصدع رئيسة نشطة، فراغ حيث تكون الطبيعة أو الموقع أو النشاط غير مؤكد

خط صدع أو خسف عادي، ترقين على الجانب الهابط

صدع انعكاسي (دفع للأعلى أو مناطق اندساس)، عام، تسننات على الجانب الصاعد.

مراكز بركانية نشطة خلال المليون عام الأخيرة، عام، تم حذف المراكز البازلتية الثانوية والجبال المغمورة.

تشرح نظرية أنشطة الصفائح التكتونية التحركات في الغلاف الصخري للأرض أو طبقتها الخارجية المؤلفة من صخور قاسية وصلبة عبر الزمن الجيولوجي. وهي تزود العلماء بكمية كبيرة من المعلومات عن التاريخ القديم للقارات والمحيطات. لم يتوصل الجيولوجيون إلا مؤخراً إلى فهم طبيعة القوى التي تسبب هذه التحركات. وقد أطلقوا على هذا المفهوم الجديد نظرية أنشطة الصفائح التكتونية Theory of Plate Tectonics.

كيف تتحرك الصفائح؟

توجد تحت الغلاف الصخري للأرض طبقة انسيابية مائعة. تؤدي التحركات في هذه الطبقة إلى إحداث توتر يعمل على تكسير الغلاف الصخري القصف. ينقسم هذا الغلاف اليوم إلى سبعة صفائح تكتونية رئيسة والعديد من الصفائح الثانوية. تبتعد هذه الصفائح الطافية عن بعضها أحياناً، وتندفع نحو بعضها في أحيانٍ أخرى. ولا ندرك في معظم الأحيان أن هذه الصفائح البطيئة الحركة تغير من أشكال ومواقع القارات والمحيطات.

حقائق مهمة

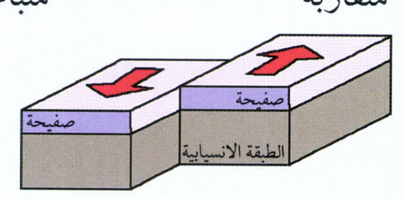
- يعد صدع سان أندرياس في ولاية كاليفورنيا الأميركية مثالاً عن الصدوع المتحولة.
- ارتطمت كتلتي الهند وآسيا الأرضيتين قبل 55 مليون عام فتسببت في ارتفاع جبال الهملايا تدريجياً، وقد أصبحت أعلى سلسلة جبلية على الأرض.

أنواع حركات الصخور

يؤدي اختلاف حركات الصفائح إلى حدوث ظاهرات مختلفة. يحدث تباعد بين حدود الصفائح حين تبتعد صفيحتان عن بعضهما ببطء مما يؤدي إلى تشكيل قشرة محيطية جديدة. الحدود المتقاربة هي التي تنزلق فيها إحدى الصفائح تحت صفيحة أخرى مسببةً اندساساً أو غوصاً تحت تلك الصفيحة. وتنزلق الحدود المتحولة بعكس اتجاه بعضها بعضاً ولا يطرأ أي تشكيل أو هدم للقشرة في هذه العملية. وتحدث معظم الحركات من هذا النوع تحت المحيطات.

صفيحة
صفيحة
الطبقة الانسيابية
متباعدة

صفيحة
صفيحة
الطبقة الانسيابية
متقاربة



متحولة

نتائج الحركات التكتونية للصفائح

في بداية القرن العشرين طرح عالم الجيوفيزياء الألماني ألفريد فيغنر نظرية انزياح القارات. قال فيغنر أن تحرك الصفائح يؤدي إلى تهدم الغلاف الصخري مما يدفع بالجبال نحو الأعلى، ويسبب الزلازل والبراكين. قدر الجيولوجيون من خلال حساباتهم أن ثخانة كل صفيحة تصل إلى حوالي 50 ميل تقريباً، وأنها تتحرك من نصف بوصة إلى عدة بوصات في العام.

البرهنة على النظرية

أشار فيغنر في معرض إثباته لنظريته بأن جميع القارات نشأت من كتلة يابسية واحدة كانت تتحرك منذ ملايين السنين، وقد دلل على ذلك بأنه تم العثور على نماذج متشابهة من الأحفورات الحيوانية والنباتية في كل من أميركا الجنوبية وإفريقية، كما أن الساحل الشرقي لأميركا الجنوبية يطابق الساحل الغربي لإفريقية، وأخيراً فإن السلاسل الجبلية في أميركا الجنوبية تحوي على التشكيلات نفسها الصخرية الموجودة في جبال إفريقية.

الانزياح القاري

قبل 200 مليون عام

قبل 130 مليون عام

قبل 70 مليون عام

اليوم

أميركا الشمالية وأوربا

بدأت هاتان القارتان بالابتعاد عن بعضهما قبل 200 مليون عام حين بدأت قارة بانجايا العظمى بالتجزؤ. تبين دراسة عينات الأحفورات من كلا القارتين ليس فقط التشابه الكبير بين الحياة الحيوانية والنباتية، بل أنهما كانا أيضاً من مناطق أكثر دفئاً. يشير هذا الدليل وسواه إلى أن القارات كانت تتحرك نحو الشمال. ويدعم نظريات الحركات التكتونية للصفائح توزع الرسوبات وطبقات التربة المتشابه بين القارتين.

الزلازل



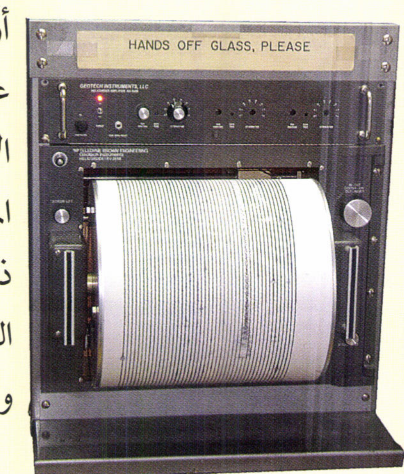
تحدث آلاف الزلازل حول العالم في كل يوم، ولكن على شكل رجفات صغيرة. حوالي 80٪ من هذه الزلازل يحدث في طوق النار على حواف المحيط الهادئ. تحدث الزلازل عادةً حين ترتطم صفيحتان تكتونيتان ببعضهما أوحين تنزلق إحداهما بعكس الأخرى. وحين يحدث ذلك تطلق ترددات هائلة تدعى الموجات الرجفية seismic waves وتنتقل لمسافة مئات الأميال من بؤرة أو مركز الزلزال.

أسباب الزلازل

تنشأ معظم الزلازل نتيجة لتحركات الصفائح التكتونية، كما يمكن للثورات البركانية وضربات النيازك أن تسبب الزلازل. كلما ارتطمت الصفائح التكتونية ببعضها أو تفتت أو انزلقت بمحاذاة بعضها بعضاً فإن أثرها الهائل يرسل موجات صدمية عبر القشرة الأرضية تنتشر كما تفعل موجات الماء حين يحدث اضطراباً على سطحه. تدعى الموجات التي تنتقل عبر طبقة الأرض الصلبة بالزلازل وهي تحدث بمعدل 50 يومياً.

قياس الزلزال

يمكن بحساب شدة ومدة الموجات الرجفية أن نعتبر الزلزال معتدلاً إذا كانت شدته بين 3-5، أما الزلزال المتوسط فقياس شدته بين 5-7 على مقياس ريختر، وإذا كانت شدته أكبر من 7 فيعتبر زلزالاً رئيساً أو قوياً. يؤدي انهيار الأبنية الناتج عن الزلازل إلى خسائر كبيرة في الأرواح والممتلكات، لاسيما في المناطق المكتظة بالسكان. ويفاقم ذلك الدمار حدوث الانزلاقات الطينية والحرائق والفيضانات وموجات تسونامي.



▲ مقياس زلازل

حقائق مهمة

- في 28 تموز/ يوليو 1976 ضرب زلزال بشدة 7.8 مدينة تانغشان النائمة في شمال شرق الصين فقتل 240.000 شخص، وقد كان ذلك أكثر الزلازل فتكاً في القرن العشرين.
- كان زلزال تشيلي سنة 1960 أقوى الزلازل المسجلة حيث بلغت شدته 9.5، وقد هزت الموجات الرجفية الأرض بأكملها لعدة أيام.



آثار الزلازل

تؤدي الزلازل إلى اهتزاز أو انزلاق الصفيحة التكتونية. حين يحدث الانزلاق تحت الماء فإنه يخلق موجات تسونامي مدمرة. أما على الأرض فيمكن للهزات العنيفة والقوية أن تهدم المباني في المناطق السكنية، ويؤدي انخساف الأرض إلى قطع خدمات الماء والكهرباء عن السكان، كما تتشقق الطرق وتتعطل السكك الحديدية، ويمكن أن يحدث تسيل يحول الأرض الصلبة إلى كتلة مستنقعية.



الزلازل حول العالم

يقيس علماء الزلازل حوالي 20.000 زلزال حول العالم في كل عام. ولكن هناك ملايين الرجفات التي تكون أصغر وأعمق من أن تسجل. يحدث الزلزال الكبير عموماً سلسلة من الهزات الرادفة التي قد تستمر لعدة أشهر. ويمكن لهذه الهزات أن تعرقل جهود الإنقاذ وتسبب وفيات وأضرار جديدة. تعد ولاية ألاسكا أكثر مناطق العالم تعرضاً للزلازل حيث تتعرض لزلزال بشدة 7 في كل عام تقريباً.

زلزال لاتور

كان زلزال لاتور نوعاً نادراً من الزلازل التي يطلق عليه زلازل المناطق القارية المستقرة. تحدث معظم الزلازل عن التفاعل بين صفيحتين سواء كان ذلك اصطداماً أو انزلاقاً أو تشكيلاً لمنطقة اندساس. ولكن زلزال لاتور كان من النوع الذي يحدث في وسط صفيحة تكتونية، وقد أدى إلى هدم المباني والمنازل الضعيفة البناء وذات الأحجار الثقيلة فتسبب بوفاة 7.928 شخص وجرح 16.000

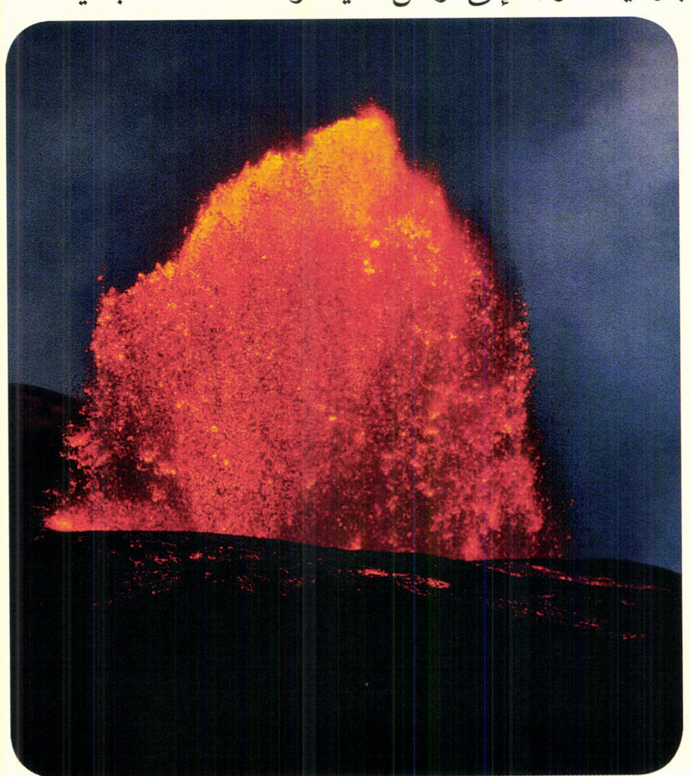
النشاط البركاني

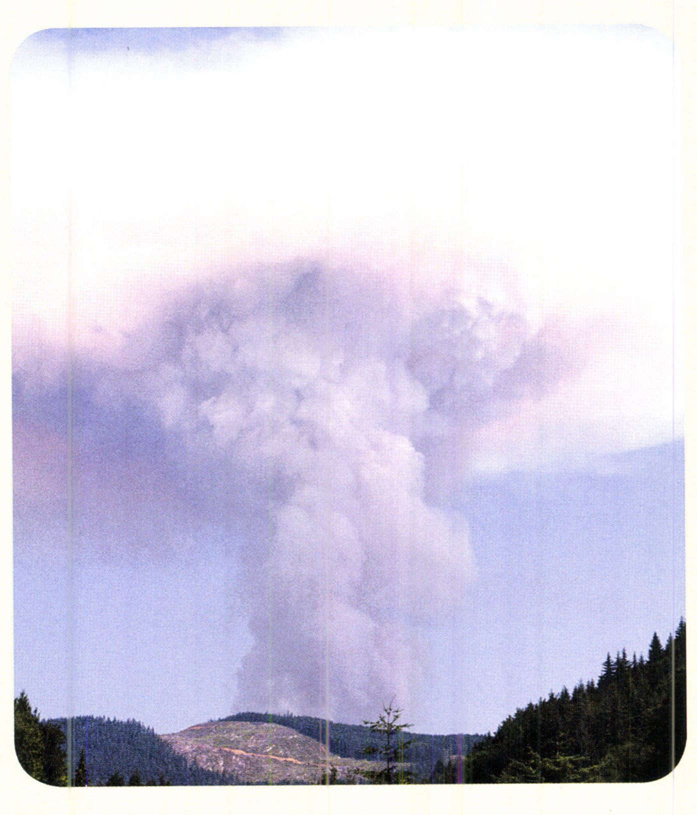
النشاط البركاني هو ثوران المواد الصخرية الحارة من أعماق الأرض إلى سطحها. تبلغ ثخانة الوشاح حوالي 2900 كم، ولكن معظم الصهارة تصعد إلى السطح من المائة كيلومتر العليا. ويحدث ذلك عادةً عند حدود الصفائح أو في النقاط الضعيفة على القشرة الأرضية والتي تدعى البقع الحارة hotspots. تتراكم المواد المقذوفة إلى السطح مشكلةً بركاناً، وتتألف من صخور مصهورة وجمر ورماد.



أنواع الثورات البركانية

يمكن أن يكون الثوران البركاني متفجراً بحيث يقذف مواد شديدة الزوجة، أو سلبياً يترك الموائع تنساب منه في دفق هادئ. وكلما زاد محتوى المواد المصهورة من السيليكا زاد معدل لزوجة الحمم، ويحدد ذلك الشكل الذي سيأخذه المخروط البركاني في النهاية. يحدث معظم النشاط البركاني في المحيطات على طول حيود منتصف المحيط، حيث تزحف الحمم البازلتية خارجةً إلى أرض المحيط ومشكلةً قاعه الجديد.





منتجات البراكين

حين تصطدم صفيحتان تكتونيتان بحيث تنزلق إحداهما عميقاً في الأرض تحت الصفيحة الأخرى فإن المواد المصهورة الموجودة تحت الصفيحة الثانية تقذف نحو سطح الأرض على شكل نشاط بركاني، وبمعنى آخر فإن كل ما يهبط نحو الأسفل يعود إلى الارتفاع عاجلاً أم آجلاً. تعود مع كل ثوران الماد الصلبة والسائلة والغازية إلى سطح الأرض. تبرد الحمم بعد خروجها مشكلةً طبقات سميكة من الشظايا المتكسرة. هذه المواد المتصلبة هي صخور نارية بدأت على سطح الأرض المرحلة الأولى من دورتها المسماة دورة الصخور.

النشاط البركاني اللاإصهاري

وهو نوع من النشاط البركاني أقل انتشاراً من سواه ويشمل قذفاً للطين إلى خارج الأرض. توجد آلاف البراكين الطينية في مناطق الاندساس حيث تغور أو تخسف الصفائح التكتونية على سطح الأرض. وهي توجد في المناطق الغنية بالهدروكربونات مثل ترينيداد وأذربيجان. ومن أشكال الدفق اللاإصهاري الأخرى هناك الانصبابات الإسفلتية، وقد وثقت أول حالة في سنة 2003 في قاع خليج المكسيك.

تصنيف البراكين (أ)

يجري التصنيف بحسب نوع الحمم والشكل النهائي للبركان. الحمم التي تحوي على مستويات ضئيلة من الغازات المنحلة والسيليكا هي حمم شديدة الميوعة وتنساب بسرعة من خارج فوهة البركان مشكلة بركاناً ترسياً لطيف الانحدار. أما إذا كانت مستويات السيليكا فقط ضئيلة، بينما تكون مستويات الغازات عالية، فإن الحمم تثور متفجرةً وتقذف عالياً في الهواء. يؤدي هذا النوع من الثوران إلى تشكيل براكين مخروطين ذات حواف شديدة الميلان.

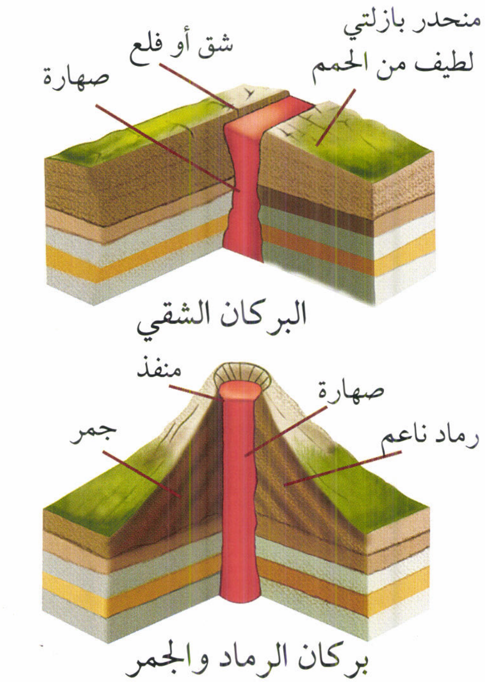
حقائق مهمة

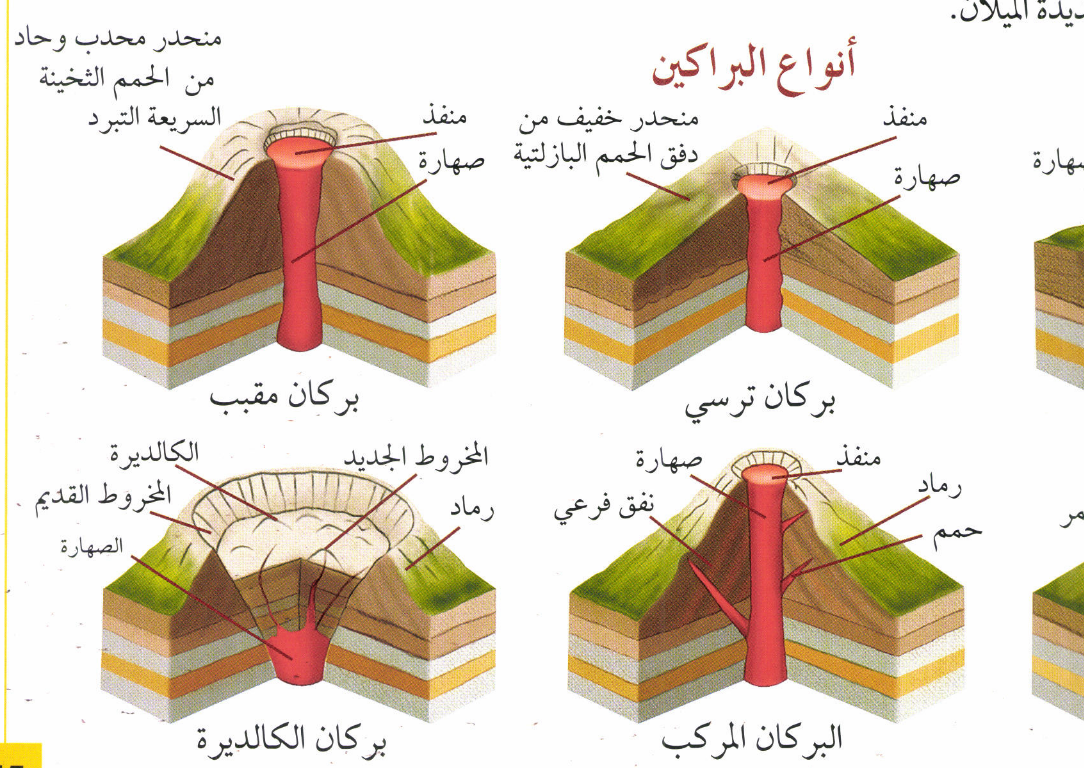
- لا يثور بركان أولينيو لنغاي في تنزانيا بحمم محمرة من الحرارة بل بحمم سوداء شبيهة بالقار المستخدم في طلاء الأسقف وليس أكثر حرارةً منه. وهو البركان الوحيد في العالم الذي يثور بحمم كربونية بدلاً من السيليكاتية.
- يعد جبل إريبوس أكثر البراكين نشاطاً في القارة القطبية الجنوبية، ويحوي بحيرة حمم دائمة في فوهته. لا يوجد في العالم إلا بركانين آخرين يحويان بحيرات حمم دائمة. ويشتهر هذا البركان أيضاً بنشاطه المستمر من الثورات الخفيضة المستوى في كل يوم.

تصنيف البراكين (ب)

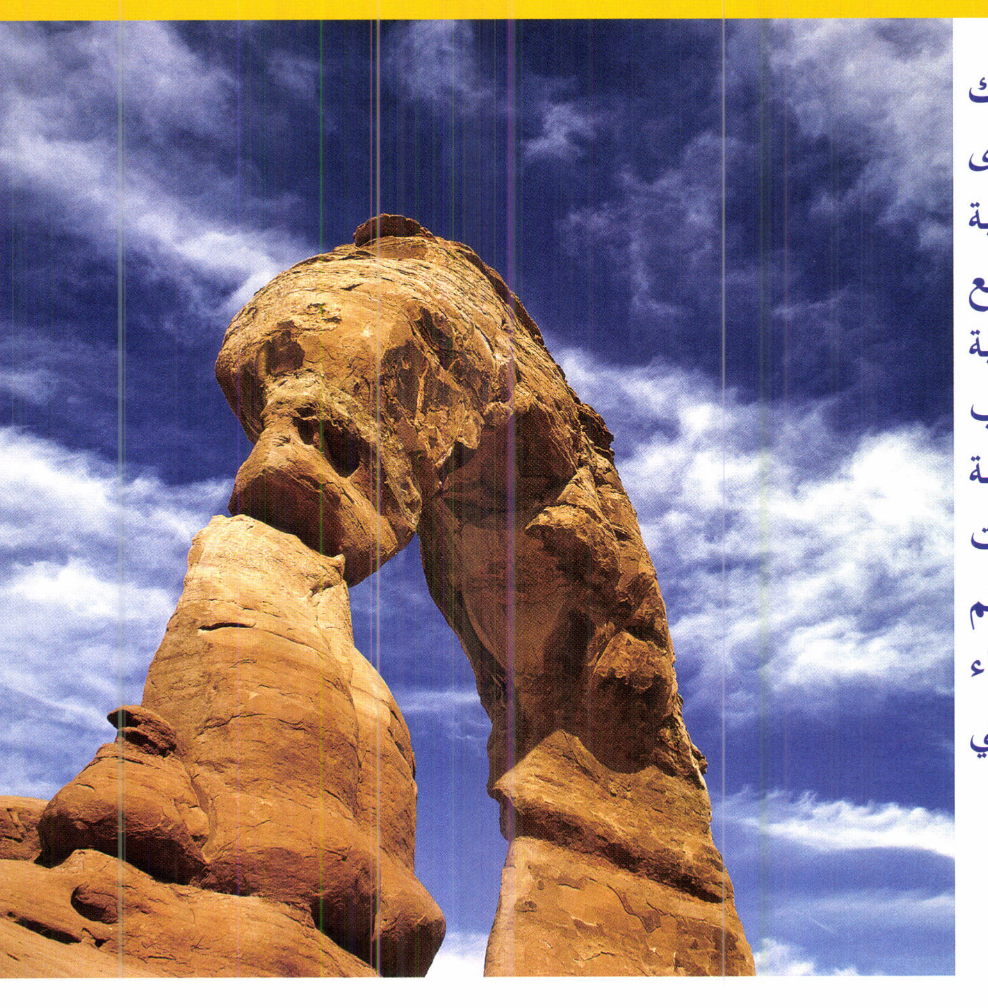
يؤدي وجود نسبة عالية من السيليكا والغازات المنحلة إلى جعل الصهارة لزجة وبطيئة الدفق. تنساب الصهارة مشكلةً تلالاً شديدة الانحدار تدعى القباب الحممية lava domes. وحين يرافق الكمية الكبيرة من السيليكا والغازات رماداً وشظايا حممية فإن البركان ينفجر بعنف كبير بحيث ينهار الجبل نحو الداخل مشكلاً فتحة بركانية وبركاناً مركباً.

أنواع البراكين





التعرية



التعرية هي تفتيت أو تفكيك صخور سطح الأرض بقوى الطبيعة. ينتج عن هذه العملية تشظي الصخور فيزيائياً إلى قطع أصغر، أو يمكن أن تكون التعرية كيميائية بحيث يتغير تركيب الصخور. أو قد تحدث التعرية لأسباب بيولوجية حيث تفتت النباتات والحيوانات الصخور. ثم تقوم عوامل أخرى كالريح والماء بنقل الصخور المفتتة وترسيبها في أماكن أخرى.

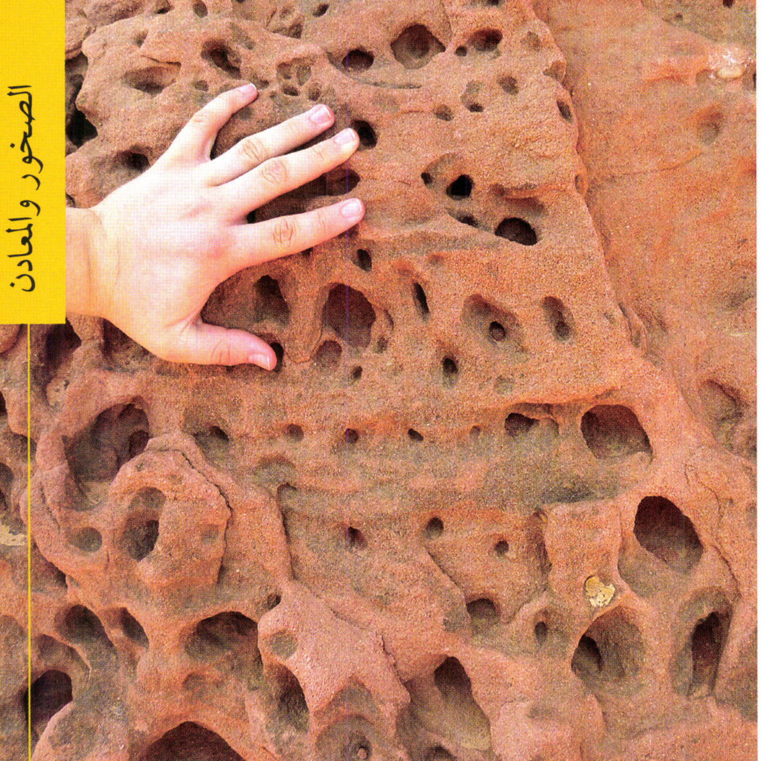
التعرية الفيزيائية

تؤدي التعرية الفيزيائية إلى تفتيت الكتل الصخرية الكبيرة إلى أجزاء أصغر. يبقى التركيب الكيميائي للصخرة هو نفسه حتى بعد أن تتفتت. تحدث تعرية الصخور بطرائق مختلفة أثناء تعرضها إلى فروق حرارية كبيرة منها التفتت الحبيبي والانقشار والانهدام وعمل الصقيع الذي يكسر الصخور في المناطق ذات المناخات الأبرد. يتجمد الماء في الصدوع والشقوق فيشكل ضغطاً على جوانبها، مما يؤدي إلى شطر وتكسير الصخور.

حقائق مهمة

- بنيت هضبة هوانغت في شمال الصين برسوبات اللوس الثخينة التي هبت عليها من صحراء غوبي.
- تحوي جزيرة غابريولا في مقاطعة بريتيش كولومبيا الكندية على منحوتات غريبة من الحجر الرملي نتيجة للتعرية. وقد حدثت هذه التشكيلات نتيجة لتفاوت المحتوى المعدني الذي يلحم بين جزيئات الأحجار الرملية.



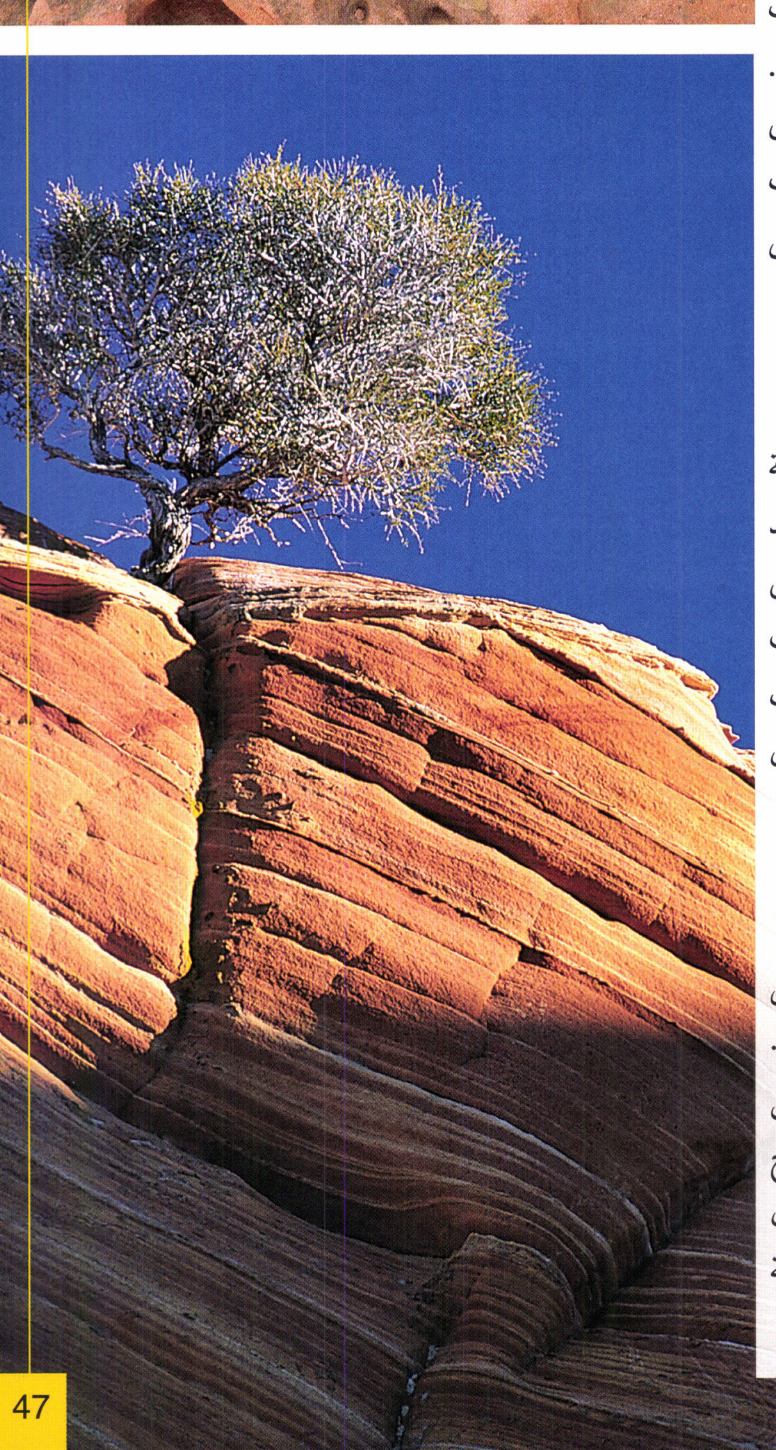


التعرية الكيميائية (أ)

تحدث التعرية الكيميائية كثيراً في الأماكن التي يتوفر فيها الماء كالمطر أو على شكل بخار الماء. كذلك يساهم ارتفاع درجات الحرارة في التعرية الكيميائية. تنحل المركبات المعدنية التي تشد الصخور إلى بعضها في الماء إلى أن تتحلل الصخرة مع مضي الزمن. كذلك يساعد التوسع الحراري للبلورات الملحية في الصخور والتربة إلى تفتيت الصخور في المناطق الساحلية.

التعرية الكيميائية (ب)

حين تتعرض الصخور الغنية بالكالسيوم والصوديوم والمغنيزيوم والبوتاسيوم للهطولات المطرية يتفاعل ثنائي أكسيد الكربون الموجود في مياه الأمطار مع هذه المركبات مسبباً التعرية ومؤدياً إلى ظهور التضاريس الكارستية. الصخور الغنية بالحديد تتحلل بالأكسجين الموجود في الغلاف الجوي الذي يتفاعل بشكل طبيعي مع مركبات الحديد. ومن عمليات التعرية الكيميائية الأخرى تحلل الصخور الحاوية على الملح والجبس.



التعرية البيولوجية

تحدث التعرية البيولوجية نتيجة لفعل الكائنات الحية كالنباتات والحيوانات، بالإضافة إلى النشاط البشري. تمتد جذور النباتات شاقةً طريقها في جذور الصخور وتستمر في دفع حوافها. مع الزمن تتسع هذه الشقوق إلى أن تتفتت الصخور. كذلك تنتج تعرية الصخور عن فعل الحيوانات العاشبة والأنشطة البشرية كالتعدين (حفر المناجم) وأعمال المقالع الحجرية وقطع أشجار الغابات.

آثار التعرية

تنتج التعرية كميات كبيرة من المواد الصخرية التي تشكل أساس التربة. وهي أولى عمليات تحول سطح الأرض. تنتقل الصخور المتعرضة للتعرية بسهولة بعوامل الحت من مكان إلى آخر. ولا يقتصر أثر التعرية على خفض سطح الأرض، بل إنه يعدل في أشكالها أيضاً. وهكذا تتحول الجبال الشاهقة إلى سهول مسطحة وتمتلئ البحيرات بالتربة مشكلةً حقولاً كثيفة.

الحت

لا يمكن للتعرية لوحدها أن تغير شكل الأرض. يجب نقل المواد المفتتة بالتعرية وترسيبها في مكان آخر لكي تتغير تضاريس الأرض. الحت هو العملية التي تنتقل بها المواد بمختلف قوى الطبيعة وخصوصاً الريح والمياه الجارية. في المناطق القطبية والجبلية العالية تقوم المجلَدات (أو الأنهار الجليدية) بدورٍ رئيسٍ في عملية الحت.

الريح

تعد الريح من أهم عوامل الحت في المناطق الصحراوية الجافة والقاحلة. تتميز هذه المناطق بندرة نباتاتها مما يسمح للرياح القوية بحمل المواد الرخوة وترسيبها على مسافات بعيدة. في الصحارى الرملية تتشكل أحواض تفريغ، أما في الصحارى الصخرية فتتشكل الصخور الفطرية بفعل الريح. ومن التضاريس الأخرى التي يشكلها الحت في المناطق الجافة وشبه الجافة الجبال الجزيرية والتلال المخططة.



▲ صخرة فطرية نحتتها الحت الريحي



قوس بوابة دردل على الساحل الجوراسي في لالوورث بالمملكة المتحدة. ▼

الأنهار والأمواج

تعد المياه الجارية لاسيما على شكل نهر أقوى عامل حت. تشكل الأنهار بمراحلها الثلاث تضاريس بفعل الحت والنقل والترسيب. ومن أهم هذه التضاريس الوديان والدلتات. كذلك يؤدي الحت الناتج عن فعل الأمواج إلى تشكيل الجروف الساحلية والمصاطب المشطوفة والكهوف والأقواس والمسلات والجذوع البحرية والرؤوس والخلجان.

حقائق مهمة

- على مدى الخمسين عاماً الماضية أدت التربة التي يجرفها النهر الأصفر في الصين إلى رفع حوافه في مجراه السفلي بمقدار 1.9 متر ليصل ارتفاعها إلى 3 أمتار.
- أدى النشاط البشري لاسيما أعمال قطع الأحراش والإفراط في الرعي والاستهلاك الزائد للموارد المائية إلى التصحر السريع للمروج في الأطراف الجنوبية من الصين.



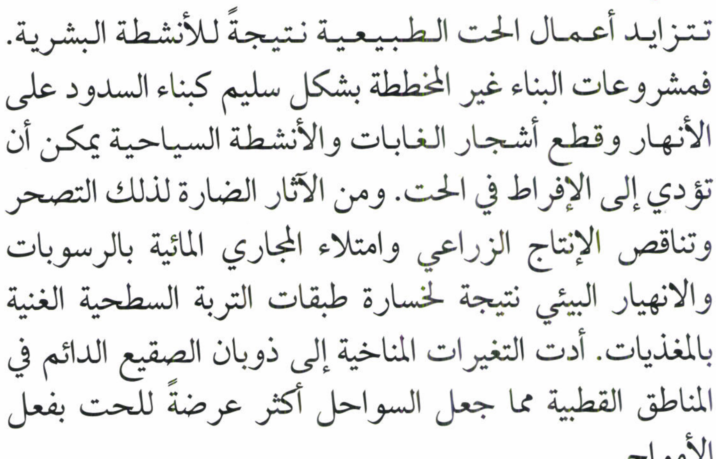
الحت في المناطق القطبية

يحدث حت المجلدات حين يذوب الجليد وتتسرب المياه إلى الصدوع والشقوق في قواعد الصخور. ثم يتجمد الماء ليلاً مسبباً توتراً في هذه الشقوق إلى أن يفلع هذه الصخور. تقتلع المجلدات القطع الصغيرة وتنقلها إلى المناطق الأدفأ حيث يتم ترسيبها على شكل ركام.

ومن التضاريس الأخرى التي يشكلها فعل المجلدات المدرجات الجبلية والأقنية والوديان على شكل الحرف U والوديان المعلقة.



أضرار الحت



تتزايد أعمال الحت الطبيعية نتيجةً للأنشطة البشرية. فمشروعات البناء غير المخططة بشكل سليم كبناء السدود على الأنهار وقطع أشجار الغابات والأنشطة السياحية يمكن أن تؤدي إلى الإفراط في الحت. ومن الآثار الضارة لذلك التصحر وتناقص الإنتاج الزراعي وامتلاء المجاري المائية بالرسوبات والانهيار البيئي نتيجة لخسارة طبقات التربة السطحية الغنية بالمغذيات. أدت التغيرات المناخية إلى ذوبان الصقيع الدائم في المناطق القطبية مما جعل السواحل أكثر عرضةً للحت بفعل الأمواج.

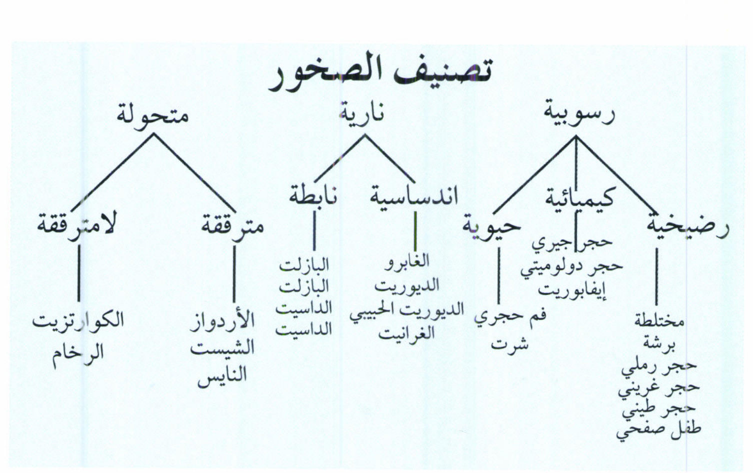
منع أضرار الحت

تبين أن زيادة الغطاء النباتي يعد من أفضل الأساليب لمنع الحت. يمكن القيام بذلك بزراعة الأشجار والمدرجات الزراعية على المنحدرات التلية. يمكن زراعة صفوف من الأشجار كحاجز للرياح للوقاية من الرياح القوية. كما يمكن ممارسة الأساليب الزراعية التقليدية وتدوير المحاصيل للتقليل من أضرار الحت أو منعها من الحدوث.

▼ حواجز رياح في الحقول

تصنيف الصخور

توجد عدة أسس لتصنيف الصخور. يمكن تصنيفها بحسب تركيبها المعدني أو الكيميائي أو بنيتها أو أحجام جسيماتها أو مكان وجودها. يعتبر معظم الجيولوجيون أن التقسيمات الأساسية هي تلك التي تشكل دورة الصخور: نارية أو رسوبية أو متحولة. تصنف الصخور أيضاً بحسب تركيبها الكيميائي وخصائصها الفيزيائية. كما يمكن وضعها في مجموعات بحسب بنيتها ومكان وجودها.



التصنيف الجيولوجي

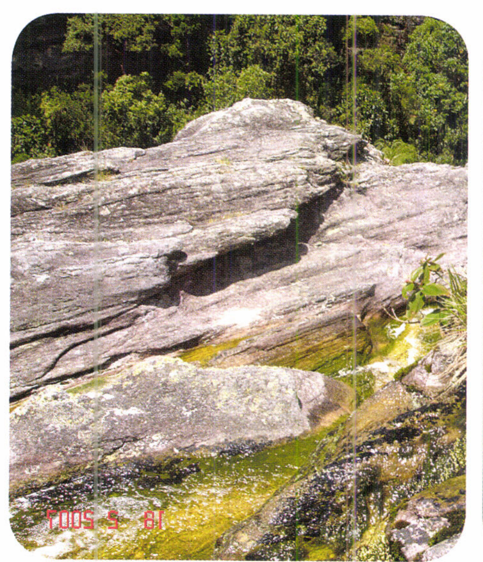
يمكن أن تقسم الصخور إلى ثلاث فئات بحسب جيولوجيتها. الصخور النارية هي تلك التي تتشكل بعد أن تبرد الصهارة وتقسى. ومن أكثر هذه الصخور انتشاراً الغرانيت والبازلت. وتتشكل الصخور الرسوبية بالترسيب التدرجي للصخور المتفتتة، حيث تزيد الطبقات العليا مع مرور الزمن ضغطها على الطبقات السفلى مسببةً تصلبها. الصخور المتحولة هي صخور تتحول إلى أشكال جديدة بعد تعرضها لدرجات حرارة وضغط شديدين. فمثلاً يتحول الحجر الجيري إلى رخام، ويتحول الطفل الصفحي إلى أردواز.

التصنيف الكيميائي

تقسم الصخور إلى ثلاث فئات بحسب تركيبها الكيميائي. فالصخور الأرجيلية هي تلك التي تحوي على الألومينا والغضار كأهم مكوناتها، وهي دقيقة الحبة الحجر الطيني والطفل الصفحي. الصخور السيليكاتية هي التي تحوي على الأكثر الرمل والسيليكات كالغرانيت والبازلت والكوارتزيت. الصخور الكلسية هي تلك التي تحوي على كربونات الكالسيوم والجير (أو الكلس) كالحجر الجيري والرخام والدولوميت.


طَفَل صفحي


رخام


كوارتزيت

التصنيف الفيزيائي

للصخور الطباقية طبقات متميزة يمكن فصلها عن بعضها، ويمكن رؤية صفائح التشقق عليها بسهولة، ومن أمثلتها الأردواز والحجر الرملي والحجر الجيري. أما الصخور اللامتطابقة فلا يمكن فصلها بسهولة إلى ألواح، ولا توجد عليها آثار لطبقات متمايزة كالغرانيت والبازلت. الصخور المترققة هي صخور متحولة لها طبقات متكررة، وقد تكون هذه الطبقات بثخانة الورق أو تزيد ثخانتها عن المتر، ومن أمثلتها الأردواز والفيليت والشيست والنايس.

حقائق مهمة

- الإيتاكولوميت هو حجر رملي مسامي أصفر اللون ومرن، يوجد بكثرة في منطقة إيتاكولومي البرازيلية.
- يحوي كهف بلور العمالقة أو منجم نايكا يف تشيهواهوا بالمكسيك على بلورات من الجبس بقطر 4 أقدام وطول 50 قدماً.



الشيست



البازلت

البنية

ويقصد بها الشكل أو الخاصية الفيزيائية للصخرة كحجم الحبيبات وأشكالها وترتيبها. فالصخور النارية التي تتبلر ببطء تحت سطح الأرض تكون خشنة وتحوي على عروق معدنية مرئية. أما الصخور النارية النابطة فتبرد بسرعة أكبر وتنمو فيها المركبات المعدنية بسرعة. لذا تبدو بنيتها سكرية أو ناعمة الشكل.

التعرف على الصخور

يمكن التعرف على الصخور الرسوبية من طبقاتها، فقد نشأت نتيجة لتفتت صخور سابقة، وتكون حبيباتها دائرية الشكل. وكثيراً ما تحوي هذه الصخور على أحفورات. ونظراً لأن الصخور النارية كانت قد تبردت من الحمم المصهورة فإنها تحوي على مسام دقيقة وكبيرة، ونادراً ما تحوي على الأحفورات. الصخور المتحولة تحوي على بلورات يمكن أن تكون مرتصفة أو غير مرتصفة مع بعضها بعضاً. وكلما تعرضت الصخرة الأصلية إلى ضغط وحرارة كبيرين كلما كانت بلوراتها أكبر.



حمم مصهورة تتصلب متحولة إلى صخور نارية



بلورات الصخور المتحولة يمكن أن تكون أو لا تكون مرتصفة مع بعضها

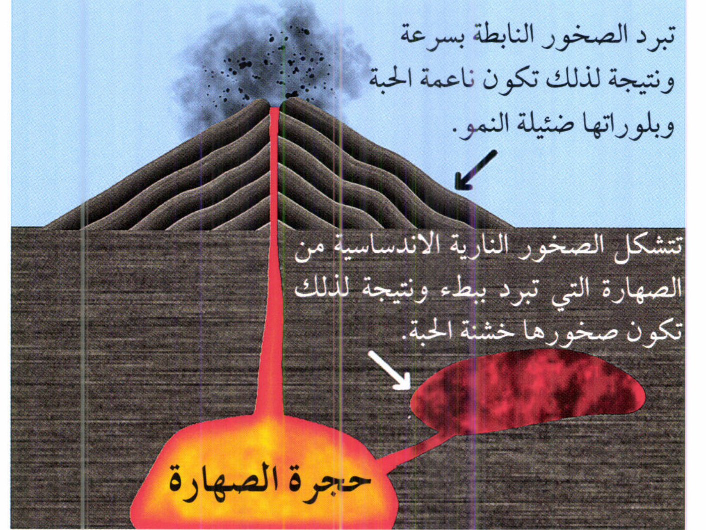
1- الصخور النارية

تشكلت الصخور النارية بالعمليات الصهارية في الأرض. تدفع المواد المصهورة عبر الصخور فتطلق في ثوران بركاني أو تقذف إلى السطح على شكل حمم. تبرد هذه المواد وتقسى مشكلةً صخوراً على سطح القشرة الأرضية أو تحتها. تقسم الصخور النارية إلى اندساسية أو نابطة بحسب مكان تبرد الصهارة, ويتألف 95٪ من القشرة الأرضية من الصخور النارية.

الصخور النابطة

تعرف الصخور التي تتشكل على سطح القشرة بالصخور البركانية أو النابطة. وهي تبرد وتتبلر من الصهارة التي شقت طريقها إلى السطح عبر فتحة أو منفذ في القشرة الأرضية. تنتشر الصهارة عند السطح على شكل حمم. ونتيجة لتفاوت معدل التبرد يوجد حوالي 700 نوع مختلف من الصخور النارية.

الصخور الاندساسية



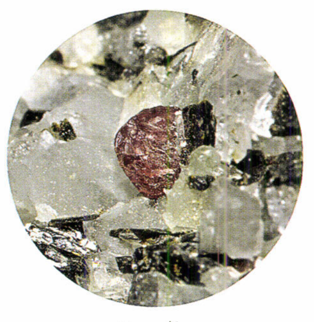
تعرف الصخور النارية التي تتشكل تحت القشرة بالصخور البلوتونية أو الاندساسية. ولمعدل تبرد الصهارة أثر كبير في حجم البلورات، كلما كان التبرد أبطأ كانت البلورات أكبر. ونظراً لكون عملية التبرد أبطأ تحت القشرة الأرضية فإن للصخور النارية الاندساسية بلورات كبيرة نسبياً، وغالباً ما تبرد الاندساسات النارية تحت الأرض لتشكل صخور الباثوليت الضخمة أو السنامات الصخرية.

المحتوى المعدني

حين تصنف الصخور بحسب محتواها المعدني إلى صخور فلسية أو متوسطة أو مافية أو بعد-مافية. الصخور الفلسية ذات لون فاتح ذات محتوى من المعادن القليلة الكثافة كالكوارتز والفلسبار. الصخور المافية داكنة اللون وتتألف من مركبات معدنية كالأوليفين والبيروكسين. تحوي الصخور بعد-المافية على أكثر من 90٪ من كتلتها مركبات معدنية مافية كالدونيت. للصخور المتوسطة تركيب يقع بين الفلسي والمافي.


الفلسبار


الكوارتز


البيوتيت

الغرانيت

الغرانيت هو أكثر الصخور انتشاراً على القارات. استخدم الغرانيت بكثرة على مر العصور كمادة بناء للأراضي والجدران. وقد بدأ يحل محل الرخام كمادة لصنع النصب التذكارية والتماثيل لكونه أكثر احتمالاً وديمومةً. ويعتبر الغرانيت المصقول من الخيارات المفضلة للنضد المطبخية بسبب خصائصه التحملية والجمالية. يطلق على مدينة أبردين في اسكتلندا مدينة الغرانيت بسبب انتشار المنازل الغرانيتية فيها.

▲ منزل مبني من الغرانيت

الغرانيت التطريشي

كان لأعماق الأرض منذ القدم صلة وثيقة بمفهوم الجحيم. وكان يطلق على الصخور التي تستخرج من باطن الأرض بالصخور البلوتونية إشارةً إلى بلوتو، إله العالم السفلي. الغرانيت التطريشي هو صخر بلوتوني نادر يوجد في تشيلي. لم يكتشف لحد الآن إلا منطقتين تحويان على نتوءات من هذا الصخر الغرانيتي النادر هما فنلندا وولاية كونيكتيكوت الأميركية.

حقائق مهمة

- أصبح تسلق الصخور الغرانيتية رياضة شعبية بسبب ميلانها ومتانتها وطريقة تشققها واحتكاكها بحيث صنعت جدران تسلق صناعية لها شكل وملمس الغرانيت نفسه.
- بني معبد بريهاديسوارار على مدى خمس أعوام بين 1004–1009 م في مدينة تانجور الهندية، وكان أول معبد يبنى بالكامل من الغرانيت.



2- الصخور النارية

يوجد حوالي 700 نوع مختلف من الصخور النارية، ويعتبر التعرف إلى كل منها أمراً في غاية الصعوبة. ولكن العلماء تمكنوا مع الزمن من التمييز بينها وتصنيفها. يعنى علم الصخور النارية بتعريف وتصنيف وتعلم منشأ وتطور الصخور النارية ومعرفة عمليات تشكلها وتبلرها. الصخور ذات الحبة الخشنة والبلورات الظاهرة للعيان هي صخور اندساسية، بينما الصخور ذات البلورات الصغيرة التي لا ترى بالعين المجردة هي صخور نابطة.

▲ منحدر من صخور السبج في منطقة أوبسيديان دوم (قمة السبج) في كاليفورنيا.

مميزات الصخور النارية

الصخور النارية هي مركبات معدنية وثيقة الترابط ذات ألوان سوداء أو بيضاء أو رمادية. ونظراً لإحكام ارتباطها فهي صخور قوية نسبياً. بنية الصخور واحدة في كل كتلتها سواء كانت خشنة الحبة أو ناعمة الحبة. حين تتبرد الصهارة بسرعة لا يوجد ما يكفي من الوقت لتشكل البلورات فيصبح للصخور ملمس زجاجي كالسبج.

منشأ الصخور النارية

يطلق اسم الصخور النارية على كل الصخور التي تشكلت من تبرد الحمم. الصهارة هي صخور مائعة بسبب درجة حرارتها الشديدة، ولها معدلات تبرد مختلفة مما يؤدي إلى تشكل صخور مختلفة البلورات. يمكن للصخور النارية أن تبرد بسرعة على سطح القشرة الأرضية مما يعطيها تحبباً ناعماً، أو يصبح تحببها خشناً إذا بردت ببطء تحت سطح القشرة الأرضية.



بنية الصخور النارية

تختلف بنى الصخور النارية بسبب اختلاف حجم البلورات المعدنية فيها. فالصخور النابطة التي تتبرد في مدة عدة ثوانٍ إلى عدة أشهر تشكل حبات مجهرية أو غير مرئية ولها ملمس ناعم. أما الصخور الاندساسية التي يستغرق تبردها آلاف السنين فلها حبات صغيرة إلى متوسطة. وتستغرق الصخور البلوتونية ملايين السنين لكي تبرد فتشكل حبات يصل قطرها أحياناً إلى عدة أمتار.

مواقع الصخور النارية

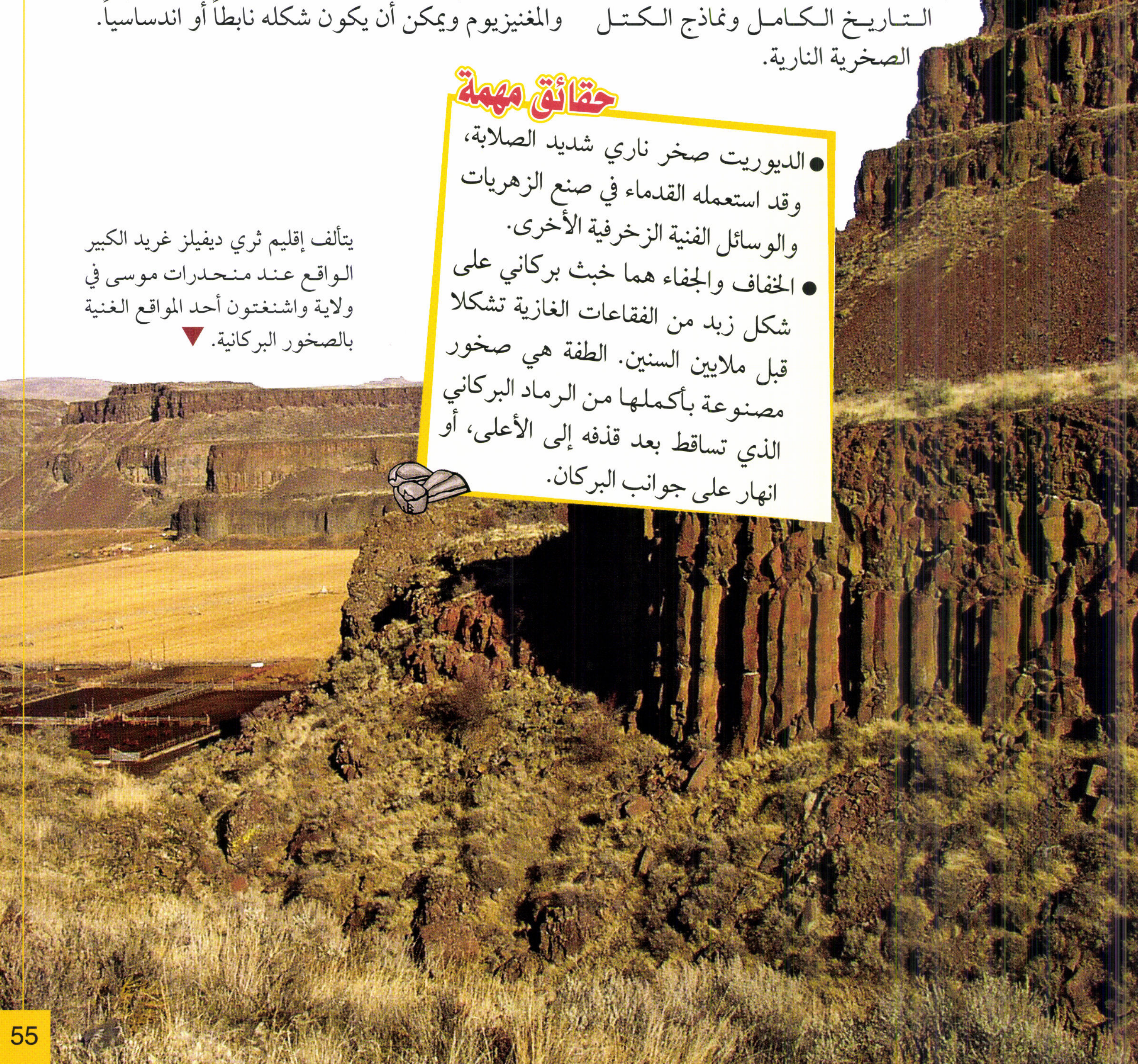
تتألف القارات إلى حد كبير من الغرانيت، أما القشرة المحيطية العميقة فتتألف على الأغلب من الصخور البازلتية. الغرانيت أقل كثافة من البازلت، لذا "تطفو" القارات أعلى من القشرة المحيطية فوق الكتلة المائعة التي تحتها. ولكن يوجد استثناءات كمكامن ديكان البازلتية في الهند التي كانت في الماضي تقع تحت المحيطات. وحتى الآن لم يتمكن الجيولوجيون من كشف التاريخ الكامل ونماذج الكتل الصخرية النارية.

أنواع الصخور النارية

تصنف الصخور النارية بحسب المركبات المعدنية التي تحويها، ومعظمها قاسٍ وداكن. أشهر نوعين من الصخور النارية هما الغرانيت والبازلت، وهما مختلفان عن بعضهما بشكل واضح من حيث البنية والتركيب. الغرانيت الغني بالفلسبار والسيليكا هو صخر بلوتوني خشن الحبة، ويبرز على وجه الأرض نتيجة للحت الطبيعة أو أعمال حفر المناجم. البازلت صخر داكن ناعم الحبة غني بالحديد والمغنيزيوم ويمكن أن يكون شكله نابطاً أو اندساسياً.

حقائق مهمة

- الديوريت صخر ناري شديد الصلابة، وقد استعمله القدماء في صنع الزهريات والوسائل الفنية الزخرفية الأخرى.
- الخفاف والجفاء هما خبث بركاني على شكل زبد من الفقاعات الغازية تشكلا قبل ملايين السنين. الطفة هي صخور مصنوعة بأكملها من الرماد البركاني الذي تساقط بعد قذفه إلى الأعلى، أو انهار على جوانب البركان.



يتألف إقليم ثري ديفيلز غريد الكبير الواقع عند منحدرات موسى في ولاية واشنطن أحد المواقع الغنية بالصخور البركانية. ▼

الصخور الرسوبية-1

تنقل الصخور المفتتة وترسب في مكان آخر. يدعى تجمع مثل هذه المواد بالرسوبات. ثم تمتزج هذه الرسوبات بمواد عضوية فتقسى وتصبح صخوراً في عملية يطلق عليها lithification. يطلق على هذا العملية أيضاً الالتحام أو التملط ويمكن أن تحدث فوق سطح الأرض أو تحته. ويمكن أن تتشكل الصخور الرسوبية بأكثر من طريقة.

الصخور الرسوبية الرضيخية (أ)

تتألف أكثر أشكال الصخور الرسوبية من شظايا الصخور القديمة التي ترسبت وتصلبت. وتصنف بحسب حجمها إلى جلاميد وحصى خشنة وناعمة وطمي رملي وغضار. تنتشر الترسبات المؤلفة غالباً من الكوارتز والغضار في قيعان الأنهار والبحار. وتمتزج مع الزمن بمواد عضوية وترتص معاً بالضغط والحرارة الخفيضة.

الصخور الرسوبية الرضيخية (ب)

يطلق عليها أيضاً الصخور الرسوبية الحتاتية detrital sedimentary rocks وتأخذ شكل طبقات في المناطق المنخفضة كالوديان والبحيرات والأحواض المحيطية. ترسب المياه الجوفية المتسربة المركبات المعدنية على سطح الحبيبات مشكلةً لاصقاً طبيعياً. إذا كانت الحصى جزأً من الرسوبات يتشكل بينهما اندماجاً، وإذا كانت الصخرة مفتتة ثم أعيد التحمها فتسمى البرشة breccias.

حقائق مهمة

- العنبر هو نسغ الأشجار المتقسي. تتدرج ألوانه من الأصفر الفاتح إلى الأحمر أو البني، وهو خفيف الوزن، ومن المعروف أنه يحافظ على ما يحتجزه من أحياء كالحشرات على مدى ملايين السنين.
- الترافرتين هو حجر جيري يتشكل كيميائياً في الكهوف العميقة الواقعة في المناطق الكلسية. وغالباً ما يشكل فيها هوابط وصواعد جميلة.





▲ مصاطب ترافرتين في منتزه يلوستون الوطني

الصخور الرسوبية الكيميائية

تتشكل هذه الصخور عندما تبرز المركبات المعدنية من محلول، وغالباً ما يكون هذا المحلول ماء البحر. حين تبدأ البحار الضحلة بالجفاف تنتج الرسوبات عن المياه ذات التركيز العالي بالمعادن. ينتج عن ذلك الكالسيت والجبس وهما من الملحيات. تشكل هذه المركبات المعدنية صخوراً رسوبية كالحجر الجيري وصخور الجبس والملح الصخري. ويحدث ذلك عادةً في المناطق الجافة ذات الأحواض الصغيرة التي تغذيها كميات محدودة من المياه.

الصخور الرسوبية الكيميائية الحيوية

تتشكل هذه الصخور من جمع الركام العضوي الذي يتعرض إلى الحرارة والضغط لفترة جيولوجية كبيرة. تتجمع الهياكل الكلسية للمتعضيات كالمرجان والرخويات وتتحول مع الزمن إلى حجر جيري. حين تدفن المواد النباتية المركزة لملايين السنين فإن غياب الأكسجين يمنع تلفها. يتبخر الماء والغازات من المادة العضوية ويتحول ما تبقى منها إلى طبقات من الفحم الحجري.





▲ طبقات مقببة من الحجر الرملي في وديان إسكالانته

الحجر الرملي

أكثر الحجارة الرسوبية انتشاراً هي حبات الرمال التي التحمت ببعضها. وحيث أن الكوارتز والفلسبار هما أكثر المركبات المعدنية انتشاراً على الأرض فيتألف الحجر الرملي غالباً من هذين المركبين. تتنوع ألوان الحجر الرملي بين الأبيض والرمادي والزهري والأحمر والبني والأسود بحسب نسب الكوارتز أو الفلسبار. يطلق على الحجر الرملي الحاوي على حبات متكسرة من مختلف المركبات المعدنية بالحجر الرملي الفج immature sandstone.

2- الصخور الرسوبية

تتشكل الصخور الرسوبية على شكل طبقات، وغالباً ما تكون تحت الماء. يطلق عليها غالباً الصخور الطباقية، وتتألف من المواد نفسها التي تتألف منها الصخور الأم. لهذه الصخور لون بني فاتح إلى رمادي فاتح، وهي تحافظ على آثار الحياة كالأحفورات والمسارات وآثار الترقرقات المائية. وتنكشف الصخور الرسوبية فوق السطح حين ترتفع الأرض. لذا فهي تكثر حول حواف الصفائح الصخرية للأرض.

التحام الصخور تحت الأرض

تتعرض جميع الصخور الرسوبية إلى تغيرات حين تكون تحت الأرض. تتغير كيميائيتها نظراً لتسرب السوائل إليها أو تبدل درجات الحرارة والضغط التي تتعرض لها مما يحول مركباتها المعدنية إلى مركبات معدنية أخرى. هذه التغيرات طفيفة ولا تتسبب في تحويل الصخر الأصلي بشكل كبير كما في الصخور المتحولة. تؤدي هذه الظروف إلى تحويل الحجر الجيري إلى دولوميت وبترول وفحم حجري.



▲ الطبقات مليئة بالأدلة عما كان عليه العالم القديم

استدلالات من الصخور الرسوبية

للصخور الرسوبية أهمية لأنها تخبرنا عما كانت عليه التضاريس والمناخات والسلاسل الجبلية في القِدَم، وكذلك تاريخ حت الأرض. تحوي الصخور الرسوبية أحفورات يعود تاريخها إلى 600 مليون عام وهي تزودنا بأدلة على كيفية ظهور الحياة عبر الزمن. تحوي طبقاتها الصخرية الكثير من الدلائل عما كانت الحياة عليه في الماضي. وقد ساعد هذا السجل من الصخور الرسوبية والأحفورات على وضع سلم زمني جيولوجي للأرض.

خواص الصخور الرسوبية

تتشكل الصخور الرسوبية على طبقات يمكن أن تكون ثخانة بعضها 100 متر. تتميز الصخور الرسوبية عن سواها من الصخور باحتوائها على أجزاء نباتية أو حيوانية محفوظة فيها. ويمكن للأحفورات أن تبين تفاصيل واضحة للأحياء التي كانت فيها كالأصداف والعظام والأسنان، أو قد تدل عليها بشكل غير مباشر بالحفاظ على آثار أقدامها وجحورها. ومعظم هذه الصخور يمكن حكه أو تفتيته بسهولة.

▼ أحفورة لأحد أنواع الحلزون القرصي الشمالي عثر عليها في هيرويا، النرويج



فوائد الصخور الرسوبية

استخدم الإنسان صخوراً رسوبية منذ العصر النيوليثي كالصوان الذي صنع منه رؤوس السهام والفؤوس. واستخدم الفنانون في اليونان وروما القديمتين الصخور الرسوبية لصنع التماثيل وتشييد المباني الجميلة. حوالي 85–90٪ من المنتجات المعدنية التي نستخدمها اليوم نحصل عليها من الصخور الرسوبية. كذلك فإن الصخور الرسوبية هي مصدر البترول والغاز الطبيعي والفحم الحجري والأسمدة. وتأتي المواد الخام اللازمة لصناعة الإسمنت من الصخور الرسوبية كالرمل والحصى والحجر الجيري. وأخيراً تعد الصخور الرسوبية خزانات مهمة للمياه الجوفية.

▲ الفحم الحجري صخر رسوبي عضوي

حقائق مهمة

- تبين الدلائل المحفوظة كآثار تموجات المياه والشقوق الطينية أن الصخور الرسوبية قد تشكلت في بيئات شبيهة بالتضاريس الرسوبية الحالية كالدلتات والجداول والبحار الضحلة.
- في سنة 1752 وجد عمال المناجم في البيرو مسماراً كاملاً بطول 6 بوصات (15 سم) مغروزاً في جلمود صخري كبير، ويعتقد أنه يعود إلى ما بين 75.000 –100.000 سنة.

المجموعات الرسوبية

تقوم التعرية والحت للصخور الأصلية ويليهما التصخر بدورٍ مهم في تشكيل الصخور الرسوبية. وتنتقل جميع الرسوبات نحو الأسفل، من المرتفعات القارية إلى المحيطات، لذا توجد معظم المجموعات الرسوبية على طول الشواطئ وفي البحار الضحلة خلفها. ويمكن تصنيف المجموعات الرسوبية إلى ثلاث: قاري وشاطئية (مؤقتة) وبحرية.

▼ مخاريط من تراكم الفلذ الصخرية على شواطئ إيفيورد في النرويج

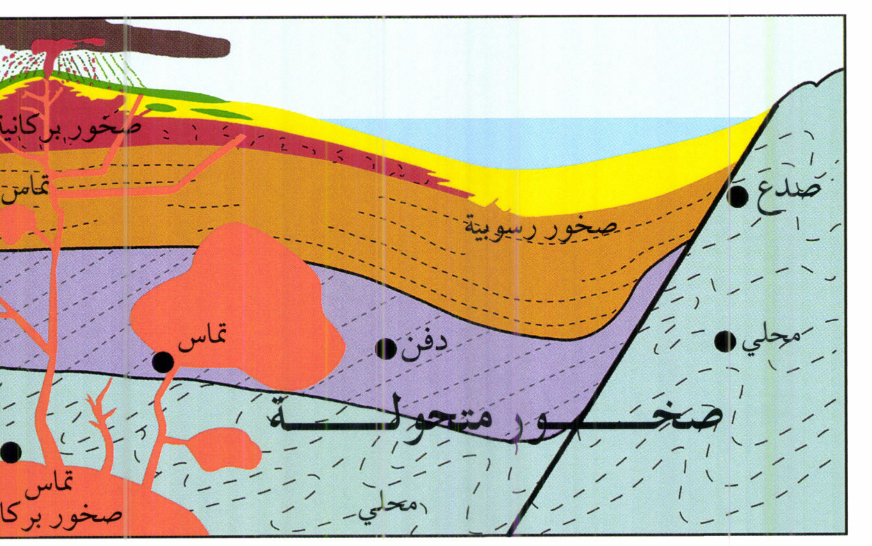


1- الصخور المتحولة

تتحول الصخور في باطن الأرض بالحرارة أو الضغط أو كلاهما. تنشأ الصخور المتحولة من تحول صخور أصلية أو سابقة. تتفكك المركبات المعدنية في الصخور ويعاد تشكيلها ضمن اتحادات مختلفة فيما بينها مما يغير من شكل وخصائص الصخور. تدعى هذه العملية بالتحول الصخري metamorphism ويمكن أن يكون هذا التحول تماسياً أو محلياً، وتصنف الصخور الناتجة بحسب بنيتها إما متورقة أو لامتورقة.

التحول بالتماس

يحدث حين تسخن الصخور المحيطة بصهارة فتتحول مشكلةً مركبات معدنية جديدة. تقسي الصهارة الشديدة الحرارة الصخور الرسوبية الطرية، فتعود حبيبات الكوارتز في الحجر الرملي إلى التبلر من جديد مشكلةً الكواتزيت. ويمكن أن يشكل الحجر الجيري المصنوع من فتات القشريات رخاماً خشن الحبة. ويتحول الحجر الطيني إلى هورنفيلس داكن ناعم الحبة. تضيف الصهارة أيضاً عناصر جديدة تؤثر على كل طبقة من الصخور الرسوبية مما يمنحها مجموعة جديدة من المركبات المعدنية.



التحول المحلي

حين تدفن الصخور عميقاً في القشرة الأرضية يؤدي الضغط والحرارة إلى تسرب الماء والغازات من مساماتها وشقوقها. يحوي هذا الماء والغازات على مكونات كيميائية تمتزج بالسوائل الأخرى مشكلةً مجموعة جديدة من المركبات المعدنية. يتسبب الضغط وفقدان السوائل في تغيرات جوهرية في معدنية وبنية الصخر الأصلي فيغير من شكله.

▼ الأردواز صخر متحول ذو حبات شديدة النعومة.

الصخور المتحولة المتورقة

يمكن التعرف على هذه الصخور بسهولة من تمزقاتها أو ترققاتها. حين تكسر هذه الصخور فإنها تشكل ألواحاً مسطحة ورقيقة وممتدة على مساحة مستوية. لهذه الصخور تركيب معقد بسبب احتوائها على مختلف أنواع المركبات المعدنية. يظهر التورق عليها كأشرطة متناوبة من المركبات الفاتحة والداكنة اللون. تخضع هذه الصخور المتعددة المعادن إلى حرارة متزايدة وضغط مباشر. يعد الأردواز مثالاً على الصخور المتحولة المتورقة ذات الحبة الناعمة جداً، وهو ينشأ من الطفل الصفحي.

الصخور اللامتورقة

وهي صخور متحولة كالرخام والكوارتزيت ليس لها شكل طباقي أو شريطي. تنشأ هذه الصخور حين تتعرض الصخرة الأم إلى ضغطٍ متساوٍ من جميع جهاتها. كما يمكن أن تنشأ حين تحوي الصخرة على مركبات معدنية تفتقر إلى خصائص نمو متميزة. بنية الصخرة حبيبية ولكن بدون نمط معين. تنشأ الصخور المتورقة بشكل رئيس من التحول التماسي حين تكون على مقربة من الصهارة.

حقائق مهمة

- نشأت لعبة الدحل (البِلي) في روما ومصر القديمتين حين نحت الناس قطعاً صخرية صغيرة مستديرة. ولم يكن بإمكان أية مادة أخرى أن تتحمل الجهد الذي تتعرض له الصخور في هذه اللعبة.
- اعتبر اليشب منذ أبكر السلالات الصينية المالكة وحتى اليوم "الحلية الإمبراطورية". وما يزال اليشب الأبيض أو الخوتان يعتبر رمزاً للنبالة.

الرخام

الرخام هو أشهر الصخور المتحولة اللامتورقة ويتشكل من الحجر الجيري. يتميز الرخام بكثافته العالية وصلابته. تنشأ الالتفافات اللونية في بنيته على الأغلب من الشوائب التي تطرح في عملية إعادة التبلر. ونظراً لأن الرخام ليس صخراً متورقاً فقد أصبح يفضل كمادة جيدة للنحت وفن العمارة منذ أقدم العصور. وقد استخرج الرخام المستخدم في صنع النصب التذكارية في الهند من مواقع موهنجو-دارو وهارابا.

▲ الرخام الأبيض

2- الصخور المتحولة

يؤدي الفعل الضاغط للصفائح التكتونية على الصخور لفترات زمنية طويلة إلى تشويهها ورصها إلى أحجام أصغر إضافةً إلى تحويل تركيبها المعدني بالكامل. تلتز الحبات المعدنية ببعضها مما يشكل صخوراً أمتن. وهي دائماً أكثر كثافةً من مادتها الأصلية، وأقل تعرضاً للتفتت بالحت. من الصخور المتحولة الشائعة الشيست والكوارتزيت والرخام.

خصائص الصخور المتحولة

تحوي الصخور المتحولة عموماً على مركبات معدنية أكثر من الصخور الأخرى، ويمنحها ذلك تدرجاً لونياً والتماعاً أكبر. يدل الشكل الشريطي في معظمها على التمدد والتقلص في مرحلة التشكيل. وتتشكل الصخور المتحولة بسهولة أكبر من الصخور الرسوبية الحاوية على سوائل أكثر من الصخور النارية الجافة. حيث يتم التبادل بين المركبات المعدنية وتحولها عبر تلك السوائل.



▲ رخام الميسيسيبي

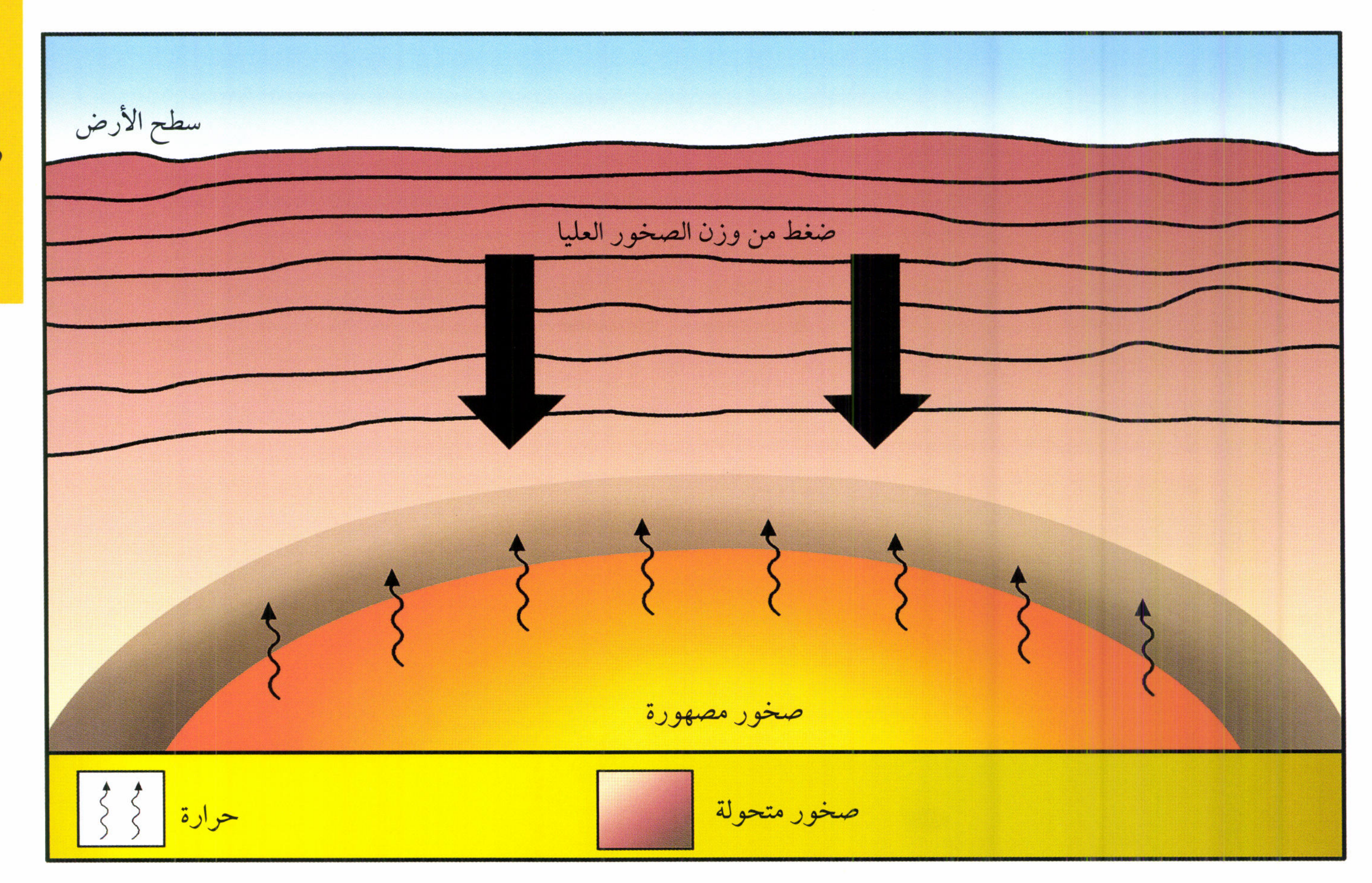
ميزات أخرى

للصخور المتحولة الناتجة عن التحول التماسي تبلراً أكثر دقةً بالمقارنة مع الصخرة الأم. وهي أقوى وتحوي طبقات مستقيمة أو منحنية من المركبات المعدنية الفاتحة والداكنة. وهي تبدو في ألوان مختلفة وغالباً ما تكون لها لمعة كالميكا. الكوارتزيت صخر قاسٍ وصلب وفاتح اللون يتشكل حين يعاد تبلر كل حبات الحجر الرملي أو الغريني إلى حبات كوارتز.

▼ الكوارتزيت

حقائق مهمة

- تعرض في كندا أقدم صخرة معروفة وتدعى نايس أكاستا، يبلغ عمر هذه الصخرة المتحولة 3.96 مليار عام.
- الحجر الصابوني هو صخر متحول يتألف في معظمه من مركب الطلق المعدني. وقد استخدمه الهنود لعدة قرون كمادة نحت.



كيف تتشكل الصخور المتحولة؟

العوامل الرئيسة الأربعة التي تحول الصخور هي الحرارة والضغط والسوائل والجهد. حيث تطرح الصخور الرسوبية والمتحولة إلى ما دون القشرة الأرضية تتعرض على أعماق مختلفة إلى درجات مختلفة من الحرارة والضغط. يؤثر هذان العاملان على الصخور ويتفاعل معها بطرائق لانهائية مما يؤدي إلى تشكيل العديد من المركبات المعدنية الجدية. توجد معظم المعادن النادرة التي يعرفها الجيولوجيون في الصخور المتحولة. ويحدد عدد المركبات الكيميائية الموجودة في الصخرة التنوع المعدني الذي يمكن أن يتشكل فيها. وتحدث التحولات نتيجة للتفاعلات الكيميائية بين المركبات المعدنية الموجودة في الصخرة.

أين توجد الصخور المتحولة؟

يمكن أن توجد الصخور المتحولة بالقرب من المكان الذي كانت توجد فيه الصخور الأم. وحيث أن هذه الصخور تتشكل تحت سطح الأرض فلا يمكن اكتشافها إلا حين ترفعها القوى التكتونية أو تتعرض المواد الجاثمة فوقها إلى حت شديد. لذا فهي ترى على الأغلب في مناطق الطيات الجبلية الرئيسة. وترتبط عمليات الطي عادةً بحدود الصفائح المتقاربة حيث يسود التوتر التمايزي. ويفسر ذلك ظهور آثار الطي أو التطابق الصخري في معظم الصخور المتحولة.

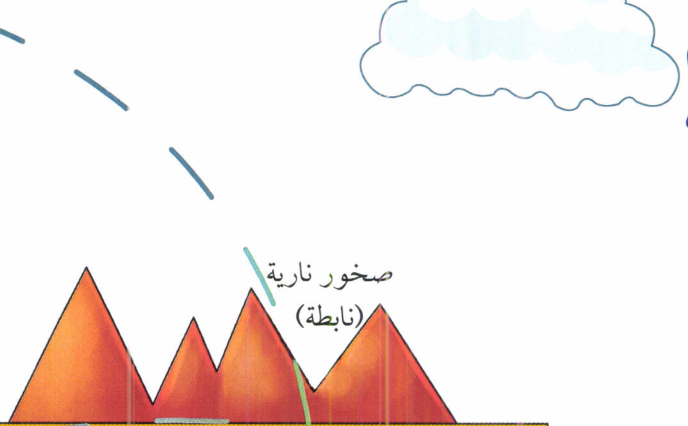
التدرج

تسمى الصخور المتحولة نسبةً إلى بنيتها وحجم حبتها ويحدد كلاهما درجة تعرض الصخرة للتحول. يزداد حجم الحبة في المركبات المعدنية بازدياد درجة الحرارة. تتحول المركبات الغضارية إلى درجات حرارة خفيضة تحولها إلى أردواز، حيث مركبات الميكا فيها لا ترى بالعين المجردة. في درجات الحرارة العليا تنمو مركبات الميكا أكثر ويتحول الأردواز إلى شيست. في أعلى درجات التحول حين تزيد درجة الحرارة عن 700°م يتحول الشيست إلى نايس.

▲ الميكا

دورة الصخور

تمثل دورة الصخور انتقال المواد الصخرية من شكل إلى آخر عبر فترة زمنية ما وبعمليات مختلفة. تذوي الجبال وتنتقل موادها لترسب في مكان آخر، بينما تلفظ البراكين مواد من أعماق الأرض. تبرد الحمم مشكلةً صخوراً ما تلبث أن تتفتت من جديد وتغوص تحت القشرة الأرضية ليعاد إطلاقها من جديد. وهكذا تستمر دورة الصخور في الحدوث إلى الأبد.



المرحلة الأولى

وهي مرحلة تشكل الصخور بتبرد وتصلب الصهارة. يرتبط ذلك بعملية بناء الجبال التي تشمل عمليات جيولوجية مختلفة. وتحدث بشكل رئيس نتيجة لحركة الصفائح التكتونية حين تقذف الصهارة من أسفل القشرة الأرضية إلى السطح. تدعى الصخور النارية الناتجة بالصخور الأولية.

المرحلة الثانية

ما أن تتشكل الصخور حتى تؤثر بها مختلف قوى الطبيعة التي تعمل على تعريتها وتفكيكها. تنحت الريح والماء والجليد بلا توقف سطح الأرض. وقد نحتت الكثير من التضاريس الرائعة على سطح الأرض كصخور تكسرت ثم انشطفت شظاياها بعيداً. وتتحكم حركة الجاذبية بحركة الأجزاء المتفتتة من الصخور.

المرحلة الثالثة

يعد نقل المواد المفتتة جزأً مهماً من دورة الصخور. تنقل قوى الجاذبية المواد إلى المستويات الأدنى من سح الأرض. وحين تبطئ حركتها تترسب هذه الشظايا على شكل طبقات في أسفل الجداول والمحيطات والأنهار والبحيرات. تتعرض هذه الرسوبات على مدى مليارات السنين وتحت ضغط الطبقات الأعلى إلى التصخر إلى أن تصبح أخيراً صخوراً رسوبية.

المرحلة الرابعة

لا تتكسر جميع الصخور بالضرورة وتشكل صخوراً رسوبية. فهي يمكن أن تغوص تحت القشرة الأرضية نتيجة للحركات التكتونية وتصبح صهارة من جديد. يمكن أن تتغير أو تتحول كل من الصخور الرسوبية والنارية إلى صخور جديدة حين تتعرض إلى حرارة وضغط عظيمين. ويمكن للصخور الجديدة أن ترفع بالعمليات التكتونية أو عمليات بناء الجبال أو أن تغوص أكثر في أعماق الأرض لتنصهر وتشكل صهارة جديدة.

التشكل بحسب المركبات المعدنية

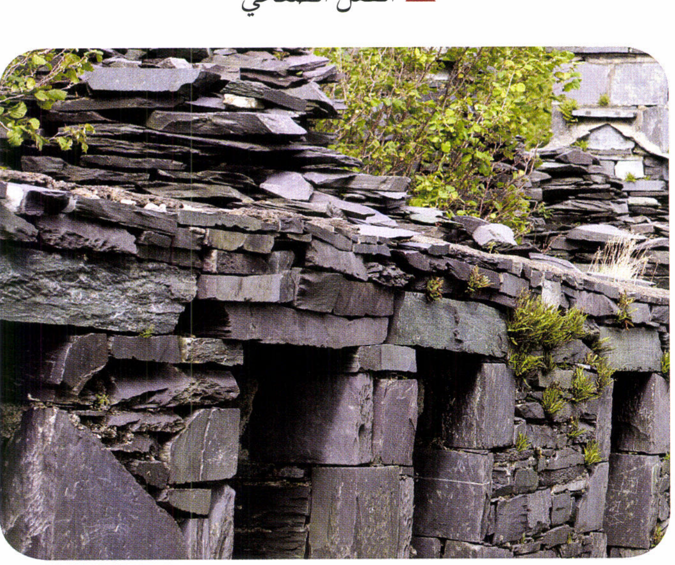
البازلت صخر ناري، والطفل الصفحي صخر رسوبي، والأردواز صخر متحول، ومع ذلك يمكن أن تتحول جميع هذه الصخور إلى شيست. هذا ممكن لأن جميع هذه الصخور تحوي على الميكا، وهو مركب معدني واسع الانتشار. توجد ثمانية مركبات معدنية أساسية مشكلة للصخور هي الأوليفين والبيروكسين والأمفيبول والأورثوكلاز والبلاجيوكلاز والموسكوفيت والبيوتيت والكوارتز. يدخل البيروكسين في تركيب الكثير من الصخور النارية والمتحولة، ومن أحد أشكاله اليشب.



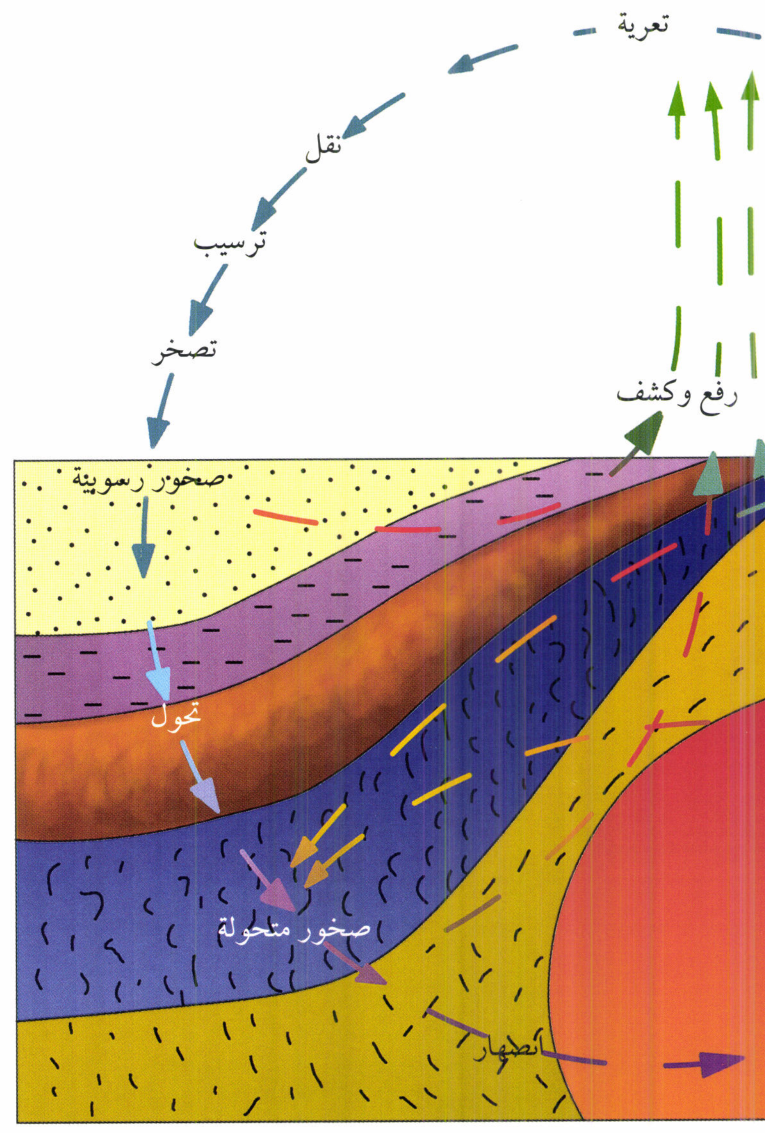
▲ البازلت



▲ الطفل الصفحي



▲ الأردواز



حقائق مهمة

- يكون لون الرخام أبيضاً حين يتشكل من الحجر الجيري مع بعض الشوائب. يمكن لشوائب الرخام أن تكون زرقاء أو رمادية أو وردية أو صفراء او سوداء.
- ازدهرت الحضارات القديمة على طول الوديان النهرية لأن الترسبات على ضفاف الأنهار أعطتهم تربةً زراعية غنية بالمعادن.

أنواع أخرى من الصخور



يمكن أن تكون الصخور صلبة أو طرية، نفوذة أو كتيمة. يعتبر الجيولوجيون الصخور مواد طبيعية تتألف من بلورات صلبة من مختلف المركبات المعدنية اتحدت معاً في كتلة متماسكة. ليس من الضروري أن تكون المركبات المعدنية قد تشكلت في الوقت نفسه ولكنها التحمت ببعضها بعمليات طبيعية. ولكن ليست كل الصخور نارية أو رسوبية أو متحولة.

الصخور الصنعية

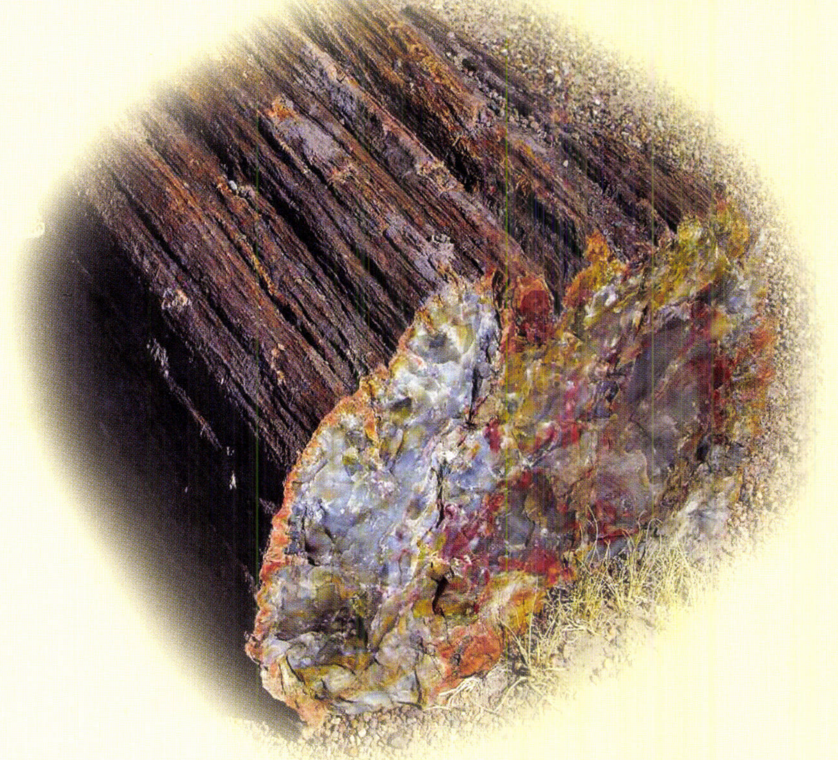
صنع الإنسان منذ القدم صخوراً صنعية حين بدأ باستخدام الآجر المجفف بالشمس لبناء المساكن. حل الآجر محل الصخور وطرأت عليه تحسينات فحولت الغضار البسيط إلى مادة قوية قادرة على التحمل لعدة قرون. وكما كان الحال مع الآجر اخترع الجص والإسمنت ليماثلا في قوتهما وفوائدهما الحجارة.

الفُلغُريت

اشتق اصطلاح الفلغريت من الكلمة اللاتينية "فُلغُر" وتعني الصاعقة. حين تضرب الصاعقة الرمال الرخوة يتشكل أنبوب زجاجي أجوف من انصهار السيليكا واتحاد حباتها معاً. يبلغ طول هذه الأنابيب عدة أمتار وهي هشة وخفيفة. تحدث العملية بمجملها خلال ثانية، ويطلق على هذه الصخور الصنعية أيضاً البرق المتحجر.

تدعى النفايات المعدنية الناتجة عن عمليات الصهر والشوي بالخبث slag. وينتشر الخبث حول المدن، ويظن خطأً أنه حمم أو قطع نيزكية.

الخشب المتحجر



ينتج الخشب المتحجر عن تمعدن المواد العضوية في الأشجار مما يجعلها تبدو على شكل صخور. يبقى شكل الشجرة القديم نفسه، ولكن الشجرة أو النباتات الشبيهة بها تتحول بالكامل إلى حجارة في عملية تسمى النفوذية المعدنية perminerlization. وخلافاً للأحفورات الأخرى التي تكون مضغوطة في الحجارة أو تترك آثارها عليها، فإن الخشب المتحجر هو نسخة ثلاثية الأبعاد للأشجار الأصلية.

الصخور النيزكية

هي شظايا الكويكبات التي تشق طريقها عبر غلافنا الجوي وتصل إلى القشرة الأرضية. ويعتقد أنها تنشأ من حزام الكويكبات الواقع بين كوكبي المريخ والمشتري. تتألف هذه الصخور من النيكل أو الحديد وهي توفر معلومات قيمة عن تشكل المجموعة الشمسية. وقد ساعد التأريخ الراديومتري على تقدير أعمار 70 حجراً نيزكياً. وتبين النتائج أن أعمارها تصل حتى 4.58 مليار عام.

◄ نيزك بازكوفكا هو نيزك معدني سقط سنة 1994 في قرية تحمل الاسم نفسه بالقرب من وارسو.

حقائق مهمة

- اكتشفت في المكسيك صخور غامضة تلتمع وتنفث أبخرة غريبة. لهذه الأبخرة رائحة الكلور، ويقال أنها تغير ألوان مواد معينة.
- شوهدت مجموعة هائلة من الصخور البركانية الطافية وهي تنجرف في المحيط الهادئ بالقرب من نيوزيلندا. يعتقد أن هذه الصخور من الخفاف قد قذفت من بركان مغمور تحت الماء.

أعجوبة قديمة

توجد غابة غريبة على مقربة من قرية ثيروفاكاري في الهند. فهي غابة أحفورية رائعة من الأشجار المتحجرة التي يعتقد أن عمرها يصل إلى 20 مليون عام، حيث أرخها الجيولوجيون على أنها نشأت في البليوسيني الوسيط. دمر فيضان كبير الغابة في القسم العلوي من الأرض ونقلت الأشجار إلى موقعها الحالي الذي كان بحراً داخلياً. وقد تعرضت الأشجار خلال آلاف الأعوام التالية إلى عملية تحجر.

التشكيلات الصخرية -1

التشكيلات الصخرية هي عروض لنماء صخري رائع نحتته عوامل التعرية والحت. وتتألف هذه التشكيلات من أي نوع صخري. تؤثر عوامل التعرية والحت بدرجات متفاوتة بين منطقة وأخرى. إذا كانت الرياح سائدة في المناطق الجافة تسود المَجلدات عند خطوط العرض العليا. المياه الجارية هي أنشط عامل حت في الجبال والسهول والمناطق الساحلية.

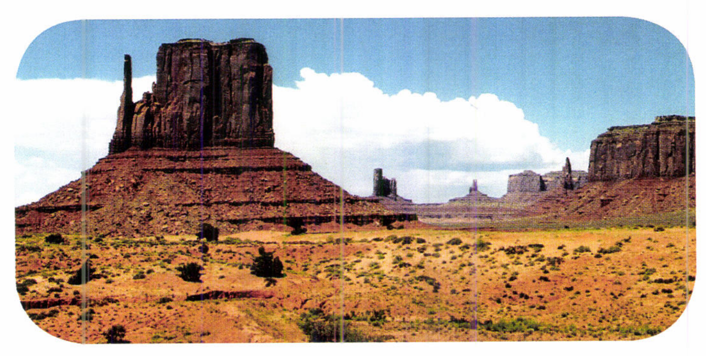
الرَصيصات

الرصيصات هي أعمدة صخرية شديدة الانحدار وعمودية غالباً تقع في البحر قرب الساحل. كانت الرصيصات سابقاً جزأً من رأس ساحلي يحوي على شقوق، أضعفت قوة الماء الشقوق، ثم تعاونت الريح والماء على تكبيرها، فبليت الشقوق مشكلةً كهوفاً. وحين ينهار الكهف من كلا جانبيه فإنه يشكل قوساً. ومع الزمن ينهار القوس تاركاً الجزء الأصلب من الصخور قائماً على شكل أعمدة منعزلة.

▲ تعد صخور الاثني عشر حواري في أستراليا مجموعة من الرصيصات الجيرية.

التلة الخيمية

وهي تلة منعزلة ذات حواف عمودية حادة وقمة صغيرة مسطحة نسبياً، وهي أصغر من النجود والهضاب والتضاريس المائدية. للنجد عادةً قمة أكبر من ارتفاعه، بينما قمة التلة الخيمية أضيق. تتشكل التلال الخيمية نتيجة لحت الطبقة الطرية التي تقع تحت الصخور الغطائية. وتشكل المواد المتساقطة منحدراً يحيط بالقاعدة.



▲ وادي النصب التلية في ولاية يوتا الأميركية.

المجرى الحجري

نتجت المجاري الحجرية من تعاقب دورات التجمد والذوبان التي حدثت أثناء العصر الجليدي. وخلافاً للركام الجليدي الذي تنقله الأنهار الجليدية فإن المجرى الجليدي يبقى في مكان حدوثه. المجاري الجليدية هي تجمع للجلاميد الصخرية مع وجود مواد أصغر فيما بينها كانت قد جرفها الجليد من أماكن بعيدة. توجد هذه التركيزات من الصخور المقاومة للجليد على المنحدرات الخفيفة وهي تظهر بعد فترة تحركات جماعية أثناء عصور سابقة من المناخات الباردة.



البرج

البرج هو كتلة من الصخور الناتئة الكبيرة القائمة بشكل مستقل عن سواها، وترتفع بشل بارز وسط محيطها الخفيف الانحدار في أعلى التلال الدائرية أو حافة جرف. يمكن أن يتطور البرج من عدد من أنواع الصخور كالغرانيت أو الصخور البركانية أو المتحولة أو الرسوبية القاسية كالكوارتزيت. وهي نتاج ملايين السنين من التعرية.

التويا

تتشكل التويا حين تثور الحمم عبر مجلدة أو صفيحة جليدية ثخينة. وهي تشكل بركاناً نادراً مسطح القمة وحاد الجوانب. ينحصر وجود التويا في المناطق التي كانت تغطيها المجلدات وفي الوقت نفسه كان يحدث فيها نشاط بركاني. وتوجد هذه المناطق وهي ترتفع منعزلةً عما يجاورها من هضاب، حيث يمكن العثور عليها متناثرة في إيسلندا أو على الصفيحة الجليدية في غربي القارة القطبية الجنوبية.

حقائق مهمة

- تتشكل التلال الخيمية عادةً في المناطق القاحلة كتلك الموجودة في المكسيك وجنوب غرب الولايات المتحدة.
- تشكلت رصيصات الحواري الاثني عشر حين أدت الظروف المناخية القاسية القادمة من المحيط المتجمد الجنوبي بحت الحجر الجيري الطيري من الكهوف الموجودة على الجروف الصخرية.



▲ برج

2- التشكيلات الصخرية

قامت قوى الطبيعة المتمثلة بالريح والمطر والجليد بحت الصخور على مدى ملايين السنين فصنعت تشكيلات صخرية في غاية الروعة. وسواء تطرقنا إلى غابة شيلين الحجرية في الصين أو الصحراء البيضاء في مصر فإن هذه الأشكال البديعة توجد في كل أنواع التضاريس. وقد حدثت بعض هذه التشكيلات تحت مياه المحيطات ثم قذفتها الحركات التكتونية نحو الأعلى.



▲ قمة ماترهورن

القمة الهرمية

يمكن للكثير من المجلدات التي تبدأ من قمة جبلية مركزية أن تعري هذه القمة من كل جوانبها مخلفةً ما يسمى بالقرن الجليدي glacial horn. تشاهد هذه القمم الجبلية المدببة بكثرة في المناطق الكثيرة التجلد. للقمة عادةً ثلاثة أو أربعة أوجه. ولقمة القرن الجليدي غالباً أوجه شبه عمودية على كل أطرافها. تسمى القمة ذات الأربعة أوجه متناسقة قمة ماترهورن.

النجد

تطلق تسمية النجد على شكل تضاريسي متميز في المناطق القاحلة وهو مرتفع أرضي ذو قمة مسطحة وجوانب حادة. يتشكل النجد من تعرية وحت الصخور المتطابقة أفقياً التي كانت قد ارتفعت بفعل النشاط التكتوني. يسبب الحت التمايزي للصخور انهيار الأنواع الضعيفة منها مخلفاً نماذج صخرية أكثر مقاومةً وأعلى طوبوغرافياً مما يحيط بها.

▼ تعد جبال غلوس في ولاية أوكلاهوما الأميركية مجموعةً من النجود.



حقائق مهمة

- ترتفع صخور روندافسلار الدائرية الرائعة الثلاث فوق وادي نهر بلايد في جنوب إفريقية. وتتألف من الكوارتزيت والطفل الصفحي.
- صخرة المدخنة هي تشكل صخري جيولوجي بارز في ولاية نبراسكا الأميركية. وتتألف بشكل رئيس من الغضار الذي تداخل فيه الرماد البركاني والحجر الرملي وترتفع إلى علو 300 قدم تقريباً فوق الوادي المحيط بها.

الخانق

يطلق عليه أيضاً الوهد أو المسيل ويتشكل من حت الهضبة. يحفر النهر عبر الطبقات الصخرية الأطرى والأقل مقاومةً، فيترك ذلك الصخور الأصلب والأكثر مقاومةً كالحجر الجيري أو الغرانيت تقف قائمةً كجدران الوادي. تشاهد الخوانق بكثرة في المناطق القاحلة، ويعد خانق الإندوس عبر سلسلة جبال الهملايا في شمال باكستان من أعمق الوديان النهرية في العالم.

▲ خانق نهر كولورادو الصغير

الرعن

الرعن هو كتلة بارزة من الأرض المطلة على أراضٍ أدنى منها أو جسم مائي، ويطلق عليها أحياناً "الرأس". يمكن أن تكون بقايا جرف انهارت صخوره الأطرى من على جوانبه. أو يمكن أن تشكل أرضاً عليا بين واديين نهريين يلتقيان في أسفلها. وبسبب الموقع الاستراتيجي للرعن فقد كان يستخدم سابقاً كموقع مختار لبناء الحصون والقلاع القديمة.

جزيرة مور الجديدة

كانت جزيرة في خليج البنغال تتنازع عليها كل من الهند وبنغلادش بسبب موقعها الاستراتيجي على الحدود بين البلدين. ولكن الجزيرة مالبثت أن اختفت فجأةً. ويعود سبب ذلك على الأغلب إلى ارتفاع مستوى البحر. من المعتقد أن ارتفاع البحر سيزداد، وستزداد معه خسارة الأراضي الناتجة عن ذلك مما سيؤثر على الدول الجزيرية المنخفضة في المحيط الهادئ.

▼ الجروف الصخرية عند شاطئ سكويكي في منتزه رعن ويلسون الوطني في مقاطعة فكتوريا الأسترالية.

نماذج من الصخور النارية-1

يتألف 95٪ من القشرة الأرضية من الصخور النارية. وقد نتج عن التفاوت الكبير بين بنية الصخور وطرائق تشكيلها أكثر من 700 نوع مختلف من الصخور النارية. تحدد بنية الصهارة وتركيبها الكيميائي أنواع الصخور المتشكلة. ويعد حجم وشكل وترتيب الحبات في الصخور نتيجة للظروف الفيزيائية والكيميائية التي تتعرض لها الصخور أثناء تشكيلها.



السَبَج

السبج Obsidian صخر ناري يتصلب فوق سطح الأرض. كما يمكن أن يتشكل على طول حواف دفق الحمم. تبرد الحمم بسرعة بحيث لا تجد ذراتها ما يكفي من الوقت حتى تتشكل فينتج عن ذلك ملمس زجاجي ناعم. يتقسى السبج من الصهارة الغنية بالسيليكا ويوجد بألوان مختلفة منها الذهبي والفضي.

صخور الخفاف

تتشكل هذه الصخور أثناء الثورات البركانية. وهي صخور فاتحة اللون وكثيرة المسامات يمكن أن يطفو على الماء ويسد جريانه. حين يخترق سطح الأرض جسم صاعد من الصهارة مليء بالغازات المنحلة فيه تحت الضغط فإنه يتفجر على شكل زبد مصهور. سرعان ما يتصلب الزبد أثناء قذفه في الهواء ويعود إلى الأرض كقطع من صخور الخفاف.

الريوليت

الريوليت صخر فاتح اللون شديد الشبه بالغرانيت، ولكنه يحوي حبات أصغر. يصنف الريوليت بكونه من الصخور النارية الفلسية ويحوي على الكوارتز والفلسبار المتبلرين في درجات حرارة منخفضة نسبياً. يوجد الريوليت بألوان وردية أو صفراء برتقالية أو رمادية فاتحة. من المعروف أن الريوليت تشكل من جميع أقسام الأرض ومن كل العصور الجيولوجية ولكنه يوجد فقط في القارات وحوافها المباشرة.

الكربوناتيت

الكربوناتيت صخر ناري اندساسي أو نابط، يتألف 50٪ منه من المركبات المعدنية الكربونية، وكثيراً ما يظن خطأً أنه رخام. ويرتبط الريوتيت إلى حد كبير بمناطق الخسف القاري. من المعروف أن الكربوناتيت يحوي على عناصر أرضية نادرة كالفوسفور واليورانيوم إضافةً إلى النحاس والحديد. بركان أولدوينو لنغاي في تنزانيا هو البركان الوحيد الذي أنتج فيه الكربوناتيت المقذوف صخوراً في الأزمنة التاريخية.

البازلت

البازلت صخر ناري نابط يتشكل من تصلب الحمم المتدفقة. مع أن تركيبه شبيه بالغابرو إلا أن حبته أكثر نعومةً، لذا فهو يمكن أن يتشكل أيضاً في الأجسام الاندساسية كالسناة والجُدات. يعطيه محتواه الضئيل من السليكا والمحتوى العالي من الحديد لوناً داكناً غنياً. ينتج معظم البازلت على الأرض عند حدود الصفائح المتباعدة على حيود منتصف المحيطات.

حقائق مهمة

- استخدم القدماء شظايا السبج كمرايا، وقد تم صقل لمعة السبج العالية لتحسين قدراته العاكسة للضوء.
- في 12 آب/ أغسطس 2006 أدى النشاط البركاني في جنوب الادي بالقرب من جزر تونغا إلى ظهور جزيرة طافية تتألف بمجملها من حجارة الخفاف المتراصة.

2- نماذج من الصخور النارية

توجد الصخور النارية في حيود منتصف المحيطات في نطاقات الاندساس حيث تندفع القارات إلى بعضها. يؤدي تبرد وتصلب الصهارة في أماكن مختلفة إلى فروق في حجوم حبات المركبات المعدنية. تبرد الصخور النابطة خلال ثوانٍ أو أشهر ولها حبات مجهرية أو غير مرئية. وتبرد الصخور الاندساسية على مدى آلاف السنين مشكلةً حبات صغيرة إلى متوسطة الحجم.

الكوماتيت

الكوماتيت هو أحد أنواع الصخور النارية النابطة ويحوي كمية عالية من المغنيزيوم. هذا الصخر من الدهر السحيق فقير بالسيليكون والبوتاسيوم والألومنيوم، وقد اشتق اسمه من نهر كوماتي في جنوب إفريقية حيث وجده الجيولوجيون لأول مرة. ويرتبط وجود الكوماتيت الذي تشكل من تبرد الصهارة الشديدة الميوعة كالماء برسوبات النيكل والذهب.



الغابرو

الغابرو صخر ناري اندساسي ويعود لونه الأسود أو الأخضر الداكن إلى توفر مركبي البلاجيوكلاز والأوجيت والقليل من الكوارتز. مع شبهه بالبازلت في تركيبه المعدني فإن الغابرو خشن الحبة بالمقارنة مع البازلت النابط التشكل الناعم الحبة. يستخدم الغابرو على نطاق واسع في أعمال البناء بشكله المسحوق حيث يستخدم كمادة أساسية في صنع النضد الحجرية المصقولة وبلاط الأرضية.

الغرانيت



الغرانيت صخر ناري اندساسي فاتح اللون. ينتج عن التبلر البطيء للصهارة تحت سطح الأرض حبات من الكوارتز والفلسبار ظاهرة بشكل واضح. يحوي الغرانيت على كميات أقل من الميكا والمركبات المعدنية الأخرى مما يعطيه ألواناً مختلفة كالأحمر والوردي والرمادي والأبيض. وهو من المواد المفضلة في البناء لأنه يمكن قطعه إلى الحجم المطلوب وصقله ولمقاومته للتعرية.

الغرانديوريت

الغرانديوريت صخر ناري بلوتوني يتشكل من اندساس الصهارة الغنية بالسيليكا تبرد لتشكل باثوليت وأصنام تحت سطح الأرض. ويمكن أن تنكشف نتيجة لعمليات رفع أو حت الرسوبات. ومع شبهها بالغرانيت فإن وفرة الميكا ومركبات الهورنبليند تجعلها أكثر دكنةً من الغرانيت. يستخدم الغرانديوليت غالباً كحجارة متكسرة لرصف الطرقات وأحياناً كصخور زينة.



حقائق مهمة

- حجر رشيد هو حجر غرانيتي أسود نقش عليه قانون الملك بطليموس. وهو يحوي على نص بثلاث لغات يساعد على فهم مصر القديمة.
- كهوف أجانتا في ولاية مهاراشترا الهندية هي مجموعة من ثلاثين كهفاً مجوفاً من المنحدرات الغرانيتية يعود تشكيلها إلى القرون الأول والسابع الميلادية.

الفويدوليت

الفويدوليت صخر بركاني تبرد على مدى ملايين السنين. يمكن أن تكون الحبات المعدنية الناتجة حصىً كبيرة يبلغ قطرها أحياناً مئات الأمتار. يطلق اسمها بشكل شائع على الصخور الحاوية المركبات الفلسبارية. يوجد الفويدوليت مرتبطاً بالكربوناتيت وبعضه مصدر محتمل للألومنيوم. توجد رسوبات مهمة منه في جبال خيبيني في المناطق القطبية الروسية.

نماذج من الصخور الرسوبية -1

تتشكل الصخور الرسوبية من تراكم المواد المتعرية من الصخور النارية والمتحولة وحتى من الصخور الرسوبية الأخرى. يمكن أن تكون صخوراً فتاتية كالبرشة أو كيميائية مختلطة كمختلف أنواع الحجر الجيري أو صخور رسوبية عضوية كالفحم الحجري وسواه مما ينتج عن الركام النباتي والحيواني. تزودنا دراسة طبقات الصخور الرسوبية بصورة واضحة عن التاريخ الجيولوجي للمنطقة.

الصخور المختلطة

وهي صخور رسوبية فتاتية تحوي على فتات دائرية كبيرة. تمتلئ الفراغات بين الفتات بجزيئات أصغر تربط فيما بينها. يمكن أن يتألف الفتات من أي مادة صخرية مجروفة. يمكن أن تكون جسيمات معدنية كالكوارتز أو شظايا صخور سابقة. وهي ترتبط فيما بينها بمزيج من الرمل والطين والملاط الكيميائي وتتشكل على طول الجداول الجارية أو على الشواطئ ذات الأمواج القوية.



▲ صخور مختلطة

البرشة

وهي صخرة شبيهة بالمختلطة ولكن فتاتها أكثر تكسراً. ويبين الجسيم المتكسر أن هذه الصخور لم تنتقل من مكان بعيد. يمكن العثور عليها حيث تتجمع شظايا زاوية متكسرة من الصخور أو ركام من المركبات المعدنية أو في رسوبات الجداول حيث توجد بروزات كالمراوح النهرية. وإن تنوع شظايا الصخور والمادة الملاطية الجامعة بينها تجعل صخور البرشة كثيرة الألوان.

▼ سرائر من الشرت



الشرت

الشرت صخر رسوبي يتألف من ثنائي أكسيد السيليكون وهو بقايا الطحالب المجهرية وحيدة الخلية التي عاشت في المياه البحرية أو العذبة. وهي تظهر على شكل عقيدات وكتل متحجرة ورسوبات متطابقة. يتكسر الشرت بتشققات محارية ذات حواف حادة غالباً. إضافة إلى ذلك فإن صلابته جعلته ملائماً للإنسان القديم ليصنع منه أدوات القاطعة وأسلحته. يطلق اسم "الصوان" على النوع الداكن من صخور الشرت.

الحجر الغريني

يشبه الحجر الغريني كثيراً الحجر الرملي والطفل الصفحي. وحباته أصغر من حبات الرمال ولكنها أكبر من الغضار. ويوجد في عدد من الألوان المختلفة. يتملط الغرين المترسب بالمركبات المعدنية كالسيليكا وأكسيدات الكالسيت والحديد. يملأ الماء الحاوي على هذه المعادن المنحلة الفراغات الدقيقة بين حبات الغرين. وقد تشبعت البلورات المعدنية على مدى ملايين السنين وتحولت إلى صخر صلب.

حقائق مهمة

- تدل الصور التي التقطتها وكالة ناسا الفضائية للكثير من الصخور المختلطة المستديرة بحجم الحصى على وجود الماء سابقاً على كوكب المريخ.
- حفر سكان إنكلترا وفرنسا قبل 8000 عام أنفاقاً بعمق 300 متر في الحوار الطري لينقبوا عن عقيدات الشرت. ويعد ذلك من أقدم عمليات حفر المناجم التي تم اكتشافها.



▲ حجر غريني

الحجر الرملي

يتشكل الحجر الرملي من تملط حبات الرمال المرئية بالعين المجردة. الكوارتز هو أحد أكثر المركبات المعدنية انتشاراً على الأرض ويشكل الجزء الأكبر من الحجر الرملي. حين يتألف الحجر الرملي بشكل رئيس من الكوارتز فإنه يميل إلى لون فاتح. وحين يختلط بمركبات معدنية أخرى فإنه يتلون بألوان مختلفة من الأبيض إلى الأسود. وإن وجود الحديد فيه يعطيه لوناً أميل إلى الأحمر.

▼ صنعت هذه الخرائب السكنية البيضاء في ولاية أريزونا من الحجر الرملي.

نماذج من الصخور الرسوبية-2

يمكن أن تتشكل الصخور الرسوبية على مدى آلاف أو ملايين السنين. تنتقل المواد التي تعمل الريح والماء على حتها إلى قاع الأنهار والبحيرات والمحيطات. وكلما زاد تراكمها انضغطت الطبقات الواقعة تحتها متحولةً مع الزمن إلى صخور. تضم هذه الصخور غالباً مركبات معدنية ومواد عضوية، ولمعظم الصخور الرسوبية طبقات متميزة يمكن رؤيتها في الجروف المكشوفة.

الرمل الزيتي

الرمل الزيتي أو رمل النفط هو صخر رسوبي يتألف من الرمال والمركبات المعدنية الغضارية والماء والقار. يحوي على النفط على شكل قار وهو سائل ثقيل جداً أو مادة صلبة سوداء دبقة. تدعى هذه الصخور غالباً رمال القار، وللقار نقطة ذوبان منخفضة ويستخدم على نطاق واسع كمادة تماسك في أعمال الطرق. كما يستخدم كمادة صادة للماء، وفي الأعمال الفنية. تقع معظم موارد العالم من الرمل الزيتي في مقاطعة ألبرتا الكندية.



الجص

الجبس أو الجص صخر رسوبي طري يمكن خدشه بسهولة بظفر اليد. لونه عادةً أبيض، ولكن الجبس الذي يحوي تلطخاً من أكسيد الحديد يمكن أن يظهر بلون بني محمر وفاتح. يستخدم الجبس عموماً في صنع جبيرات تقويم العظام كما يستخدم كأحد مضافات الطعام. وكثيراً ما يتم استخدامه للعمل على استقرار المياه العكرة من دون أن يضر بالبيئة المائية.

حقائق مهمة

- قبل ظهور الحاسوب والخدع السينمائية المعتمدة على التكنولوجيا العليا كان يتم إسقاط رذاذ من الجبس أمام الكاميرا ليبدو وكأن المشهد يصف عاصفة ثلجية.
- يعتقد علماء المريخ بأن الصور عالية الحساسية التي تظهر طبقات من الصخور الرسوبية إنما تدل على ما يبدو أنه بقايا بحيرات أو بحار ضحلة كانت موجودة سابقاً.

الطَفَل الصَفحي

يتألف الطفل الصفحي من اجتماع جسيمات من الغضار والكوارتز والكالسيت بحجم الغرين، وهو أكثر أنواع الصخور الرسوبية. ينكسر الطفل الصفحي بسهولة إلى طبقات رقيقة. يبدو على الأغلب بلون رمادي، ولكن احتوائه على مركبات معدنية أخرى يعطيه ألواناً سوداء وحمراء وبنية. يتشكل الطفل الصفحي نموذجياً من المواد المتشكلة في البحيرات والمخاضات والأجسام المائية البطيئة الجريان أو على الأرصفة القارية. وكثيراً ما يحوي على أحفورات أو آثار الحيوانات.



▲ يحوي الطفل الصفحي غالباً على الأحفورات وآثار الحيوانات.



▲ طفل صفحي

الحوّار

يتشكل الحوار أو الطبشور بالترسيب التدريجي لصفيحات الكالسيت الدقيقة التي تطرحها المخلوقات البحرية فتتساقط إلى أعماق البحار، وهو أبيض اللون وطري البنية ومسامي. خاصيته المسامية تجعله خازناً طبيعياً للمياه الجوفية. الجروف الحوارية مقاومة نسبياً ويمكن مشاهدتها على شكل منحدرات حادة وعالية على حافة البحر. يستخدم الحوار في صنع الجير الحي (غير المطفأ) والجير المطفأ، ويستخدم كلاهما كملاط في أعمال البناء.

▼ خليج سكراشل على الساحل الجنوبي الغربي لجزيرة وايت في إنكلترا يحوي جروفاً من الحوار.

الدولوميت

يتشكل الدولوميت في البيئات البحرية الضحلة والدافئة. يتجمع ركام الأصداف وشظايا المرجان وحين يتعدل الكالسيت الموجود فيهما بالمياه الجوفية الغنية بالمغنيزيوم فإنها تقسى وتشكل صخراً رسوبياً شبيهاً بالحجر الجيري. يوجد الدولوميت على الأغلب كصخور بيضاء، ولكن يمكن أن يكون لونه رمادي أو بني فاتح أو حتى أحمر أو أخضر أو أسود. يشبه الدولوميت في صلابته الحجر الجيري ويستخدم كمادة بناء على نطاق واسع.

نماذج من الصخور المتحولة - 1

تنشأ الصخور المتحولة من تحول أو تغير شكل صخور كانت موجودة سابقاً. تؤدي الحرارة والضغط الشديدين إلى تحول الصخور فيزيائياً وكيميائياً. يمكن للصخور المتحولة أن تتشكل عميقاً داخل القشرة الأرضية أو في عمليات تشكل الجبال بالارتطامات التكتونية. الصخور المتحولة هي صخور متورقة ذات طبقات تتراوح ثخانتها بين ورقة رفيعة وأكثر من متر.



▲ جلمود غنايس في أوسموسار في أستونيا.

الغنايس

اشتق الغنايس اسمه من كلمة ألمانية قديمة تعني اللامع أو الساطع. وهو صخر تحولي متورق يحوي غالباً على حبات من مركبات الكوارتز والفلسبار المعدنية. ترتصف هذه الحبات في طبقات رفيعة متورقة. تصنع السيليكات الفاتحة والداكنة تمايزاً بين أنواع مختلفة من الصخور مما يعطيها شكلاً مقلماً. الصخور الأم التي تنتج الغنايس هي على الأكثر طفل صفحي أو غرانيت. ويشكل الغنايس القسم الأكبر من أسفل القشرة الأرضية.

الشيست

يحوي الشيست على أكثر من 50٪ مركبات معدنية صفيحية ومتطاولة كالميكا والكلوريت والطلق وسواهم. يمكن أن تتألف حبات الميكا الكبيرة التي تبدو كقشور رقاقية من البيوتيت أو الموسكوفيت. معظم الشيست هو شيست الميكا، ولكن بعضها يمكن أن يكون قد تحول من بازلت ناعم الحبة وصخور الطفة. كما عرف بوجود شيست الغرافيت والكلوريت. يمكن أن يكون الغضار والطفل الطيني والأردواز والفيليت مراحل متوسطة من صخور الشيست النهائية.

الأردواز

الأردواز صخر تحولي متورق ناعم الحبة، وهو يتشكل بالتحول الخفيف الدرجة من الطفل الصفحي أو الحجر الطيني. يحوي غالباً على مركبات معدنية غضارية أو ميكا بحسب درجة التحول التي يخضع لها. يتكسر الأردواز ناعماً على طول سطوح تعرقه لينتج صفائح رقيقة تستخدم في بناء السقوف والأرضيات. ويوجد الأردواز باللون الرمادي والأخضر والأحمر والأرجواني والبني والأسود.



▲ سقف من الأردواز

الشيست الأخضر

وهو صخر تشكل من التحول المحلي في أخفض درجات الحرارة والضغط المطلوبين للصخور المتحولة. ويسمى بالأخضر بسبب توفر المركبات المعدنية الخضراء فيه كالكلوريت والسربنتين والإبيدوت، والمركبات الصفيحية كالموسكوفيت والسربنتين الصفيحي. يمكن أن يحوي أيضاً على الكوارتز والأورتوكلاز والطلق والمركبات المعدنية الكربونية. ويتحول الشيست الأخضر من الصخور الغنية بالصوديوم كالبازالت والغابرو التي تكون حباتها الخشنة نادرة.

حقائق مهمة

- اشتهر أردواز الكتابة حتى قبل 100 عام حيث كان يستعمله تلاميذ المرحلة الابتدائية لتعلم الكتابة والحساب.
- استخدمت المجتمعات الأميركية القديمة في عصور ما قبل التاريخ الشيست لصنع الفؤوس والأزاميل، كما كان يعد أداة زينة وسلعة تجارية قيمة.

الحجر الأخضر

تحول الحجر الأخضر من الصخور البازلتية التي كانت تشكل يوماً جزأً من حمم البحار العميقة. تحول البازلت الجديد تحت الضغط العالي والسوائل الساخنة إلى إبيدوت وأكتينوليت وكلوريت. ونظراً لكونه قد تشكل في نطاق الاندساس الأرضي فقد تعرض لتغيرات كثيرة قبل أن يظهر على سطح الأرض. توجد أحزمة الحجر الأخضر عموماً في أقدم صخور الدهر القديم. وقد استخدم الحجر الأخضر على نطاق واسع في الأزمنة القديمة، وعرف بأسماء كثيرة.

نماذج من الصخور المتحولة - 2

تتشكل الصخور المتحولة اللامتورقة بشكل رئيس من التحول التماسي الذي يحدث غالباً قرب التدخلات النارية. حين تقتحم الصهارة الحارة الطبقات لرسوبية لصخور موجودة سابقاً فإن الصخور القريبة منها "تُخبَز". وينتج عن ذلك صخور ذات بلورات أكثر نعومةً من الصخرة الأم. الصخور التي تتعرض إلى ضغط متساو من كل جوانبها أو التي تفتقر إلى المركبات المعدنية ذات عادات النماء المتميزة ستشكل صخوراً لا متورقة كالهورنفلس أو الرخام.

الكوارتزيت

هو الشكل المتحول للحجر الرملي أو الشرت. تلتحم بلورات الكوارتز بشدة تحت الضغط ودرجة الحرارة الهائلين في أعماق الأرض. يوجد هذا الصخر الزجاجي الصلب المقاوم لعوامل الطقس بألوان بيضاء أو تظللات رمادية. وقد يظهر بتظللات وردية أو حمراء إذا كان يحوي على أكسيدات الحديد. يستخدم الكوارتزيت المتكسر غالباً كحصى رصف السكك الحديدية وشق الطرقات.



▲ كوارتزيت مكسر

السكارن

السكارن أو التكتيت هو اسم يطلق على السيليكات الحاوية على الكالسيوم، وهي تتشكل على الأغلب حين يندس جسم من الصهارة الغرانيتية في صخور رسوبية كالحجر الجيري والدولوميت. تمتزج في منطقة التماس المياه الحارة الغنية بالسيليكا والحديد والألومنيوم بالصخور الكربونية الغنية بالكالسيوم. يتحول الصخر المضيف إلى رسوبات سكارن. كثيراً مايحوي السكارن ترسبات فلزات النحاس والرصاص والتوتياء والحديد والذهب والموليبدينوم والقصدير.



الهورنفلس

يطلق اسم الهورنفلس على مجموعة من الصخور تعرضت لتحول تماسي فأصبحت قاسية ومتينة. وهي صخور ناعمة الحبة تميل إلى التكسر إلى مكعبات بدلاً من صفيحات. يحوي أكثر أصناف الهورنفلس شيوعاً وفرةً من الميكا السوداء، وهي ذات ألوان بنية داكنة إلى سوداء. وفي معظم أنواعه نادراً ما تظهر المركبات المعدنية في شكلها البلوري بل كحبات صغيرة ذات أحجام متساوية تقريباً وملتحمة بإحكام.

الإكلوجيت

وهو صخر نادر يتشكل في أسفل أقسام القشرة. حين يتعرض البازلت في نطاق الاندساس إلى درجات حرارة وضغط عالية جداً تزيد كثافتها وتغوص أعمق في الأرض، فيجر ذلك بدوره صفيحة الاندساس نحو الأسفل. من النادر أن يظهر على السطح، وإذا دفع نحو الأعلى فعلى الأغلب أنه سيتعرض إلى تحول جديد. الإكلوجيت صخر غني بالصوديوم ويحوي على العقيق الغني بالألومنيوم والمغنيزيوم.





حقائق مهمة

- المغماتيت صخر يتألف من مزيج من الصخور النارية والمتحولة. ينصهر قسم من الصخور ثم يعود إلى التجمد مشكلاً صوراً نارية.
- حثت تشققات كبيرة في وادي خسف عفار في إثيوبيا وكأن القارة الأفريقية تنفصل عن بعضها. ويعتقد العلماء أنها ربما كانت تشكل حوضاً محيطياً جديداً.



الفيليت

الفليت صخر متحول ناعم الحبة ويشكل المرحلة المتوسطة للطفل الصفحي قبل تحوله إلى شيست أو غنايس. يتألف من مركبات معدنية غضارية وبشكل خاص الكوارتز وميكا السيريسيت والكلوريت. يشبه الأردواز كثيراً، ولكن بسبب بلوراته الأكبر فإن له لمعة أشد. ويتشكل نتيجة للتحول المحلي أثناء عمليات تشكل الجبال غالباً. صخور الفيليت عادةً سوداء اللون إلى رمادية أو رمادية مائلة للخضرة قليلاً.

تصنيف المركبات المعدنية بحسب تركيبها الكيميائي - 1

رتب علماء المعادن أكثر من 3000 مركب معدني مختلف بطرائق شتى. ومن إحدى هذه الطرائق تجميعها بحسب تركيبها الكيميائي. في سنة 1848 اخترع البروفيسور جيمس دانا من جامعة ييل نظام تصنيف ما يزال يستخدم حتى اليوم. فقد قسم المركبات المعدنية إلى ثماني مجموعات أساسية. سنتعرف فيما يأتي على بعضها.

العناصر الأصلية

من الصعب إيجاد العناصر الأصلية أو المعادن في شكلها النقي. توجد معظم المركبات المعدنية منضمةً إلى عناصر أخرى تعرف بالأشابات alloys. توجد هذه الأشابات في الطبيعة ولها بنية معدنية مميزة. وهي تشمل معادن كالنحاس ولامعادن كالكبريت وكربونات كالغرافيت والماس. وهي تشمل أيضاً أشباه المعادن كالبزموت والزرنيخ والإثمد.

المعادن

النحاس هو أحد العناصر المعدنية القليلة الذي يوجد بشكله الأصلي في الطبيعة. وقد بدأ تعدينه منذ عصور ما قبل التاريخ. لفت هذا المعدن اللماع انتباه العاملين في التعدين، وسرعان ماتم ضمه إلى القصدير لإنتاج إشابات البرونز والنحاس الأصفر. يوجد النحاس في شكله الأصلي بألوان الأحمر والبرتقالي والبني. وحين يتعرض للتعرية فإنه يظهر مغطىً بلطخ خضراء.



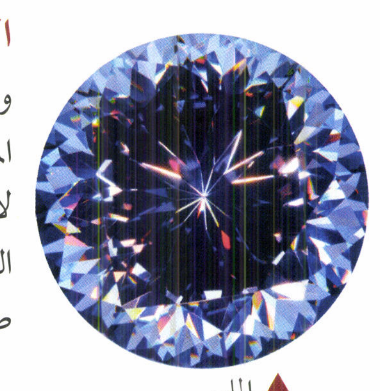
حقائق مهمة

- الصنف الجواهري من الأوليفين والمدعو بريدوت هو حجر كريم ذو أوان جذابة وغير مكلف. وكثيراً ما يقارن بالزمرد الأخضر الثمين.
- البيوتيت هو من المركبات المعدنية المشكلة للصخور وهو يوجد في معظم الصخور النارية والمتحولة. تظهر بلورات البيوتيت المتعرية بلون أصفر ذهبي وتعرف باسم "ذهب الحمقى" Fool's Gold.



▲ النحاس

اللامعادن


▲ الماس

وهي مجموعة متنوعة جداً من العناصر الأصلية. وتشمل أقسى وأطرى المركبات المعدنية. من اللامعادن الأصلية الكبريت والكربون بشكليه الغرافيت والماس. الكبريت لامعدن ذو لون أصفر فاتح يستخدم على نطاق واسع في صنع البارود وفي الصناعات الصيدلانية. تتدرج ألوان الغرافيت من الرمادي الفولاذي إلى الأسود ويستخدم في صنع رصاصة أقلام الرصاص ومواد التشحيم والدهانات.


▼ الميكا

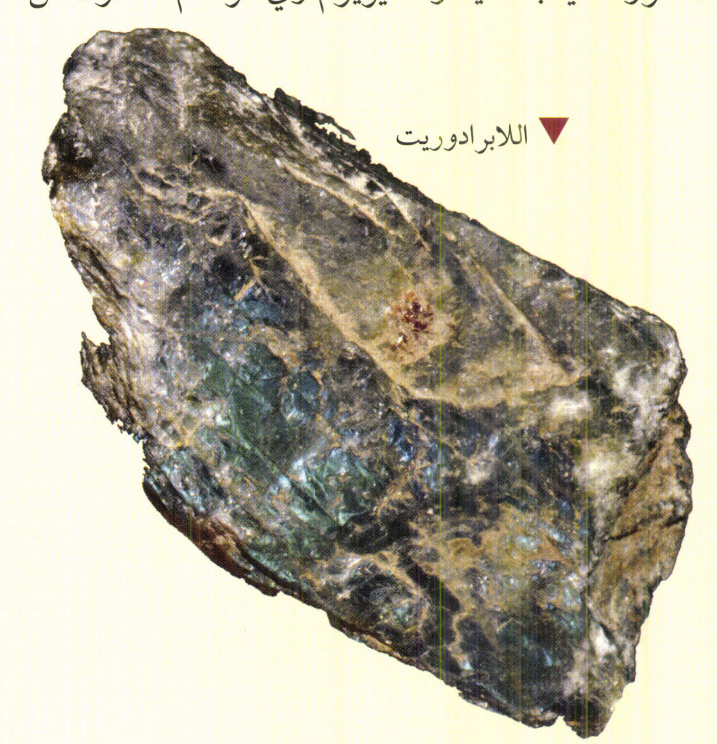
السيليكات

وهي من أكثر المركبات المعدنية انتشاراً. كما أنها أكبر مجموعة من المركبات المعدنية وأكثرها تعقيداً. تتألف معظم الصخور من مركبات معدنية من هذه المجموعة وتغطي 90٪ من القشرة الأرضية. للسيليكات شكلان أساسيان هما الفلسي والمافي. يشمل النوع الأول مركبات معدنية كالكوارتز والميكا ويشكل صخوراً كالغرانيت ذات الأوزان الأخف والألوان الأفتح. وسبب ذلك هو فقرها بالحديد والمغنيزيوم.

▲ الكوارتز

الصخور المافية

تحوي هذه المجموعة من المركبات السيليكاتية على المغنيزيوم والحديد. يحوي بعضها كفلسبارات البلاجيوكلاز على إضافات من الكالسيوم والصوديوم. توجد عادةً في الصهارة التي تدفع فوق قاع البحر كما توجد عموماً في الصخور كالبازلت والغابرو. هذه المركبات المعدنية كالأوليفين واللابرادوريت والبيوتيت كثيفة نسبياً وداكنة. وهي توجد في الصخور الغنية بالحديد والمغنيزيوم وفي الرخام المتحول من الحجر الجيري غير النقي.


▼ اللابرادوريت


▲ الأوليفين

تصنيف المركبات المعدنية بحسب تركيبها الكيميائي - 2

تصنف المركبات المعدنية إلى مجموعات بحسب تركيبها الكيميائي لأن تلك التي تنتمي إلى العائلة نفسها لها خصائص متشابهة. وهي توجد معاً في الطبيعة، فمن الشائع العثور على الكالسيت والدولوميت في الصخور نفسها. ولكن علماء الجيولوجيا يشعرون مؤخراً أن الاعتماد على التصنيف الكيميائي قد لا يكون كافياً. يحتاج تصنيفها إلى أن نأخذ بعين الاعتبار تركيبها الداخلي حتى نحصل عل تصنيف أكثر اكتمالاً.

الأكسيدات

الأكسيدات هي مجموعة كبيرة من المركبات المعدنية ذات تنوع كبير في الخصائص. وهي تضم مركبات معدنية تحوي على معدن وأكسجين، أو معدن وأكسجين وهدروجين. توجد هذه المركبات المعدنية في معظم البيئات الجيولوجية وأنواع الصخور. تبدأ هذه المجموعة من الفلزات المعدنية المعروفة كالهماتيت وحتى الأحجار الكريمة والنادرة. توجد هذه المركبات على الأغلب بألوان سوداء أو داكنة، ولكن بعضها متنوع الألوان.

الهِماتيت

وهو أحد فلزات الحديد المهمة، وقد اشتق اسمه من اليونانية ويعني الشبيه بالدم. يشكل الهماتيت بعض أقسى الأحجار الكريمة كالياقوت والصفير. بلوراته نادرة وتستخدم في صنع الحلي. تتدرج لمعته من المعدنية إلى الكامدة، وألوانه من الفولاذي والرمادي إلى الأسود وظلال من الأحمر إلى البني.

الروليت

وهو من مجموعة الأكسيدات ويشمل أهم وأندر المعادن على الأرض، فهو الفلز الرئيس الذي يستخلص منه التيتانيوم، والتيانيوم عنصر أخف وأقوى وأكثر مقاومة للحت من الفولاذ، لذا فهو يستخدم في صنع القذائف والطائرات.
الأحجار الكريمة كالكوارتز والياقوت والصفير والتي تحوي تدخلات مجهرية من الروليت تنتج عنها أحجار تعرف بعين القط.

حقائق مهمة

- الغالينا مركب معدني كثيف وثقيل جداً ومصدر رئيس لاستخلاص الرصاص والفضة. ولكونه شبه ناقل طبيعي فإنه يستخدم على نطاق واسع في الأدوات الكهربائية.
- الأغروديت، ويعني الغني بالفضة، هو مركب كبريتيدي نادر. وهو عنصر مهم في صناعة أشباه النواقل وزجاج العدسات والطب.



الكبريتديات

تتركب عموماً من الكبريت ومركب معدني آخر. هذه المجموعة من المركبات المعدنية كثيفة وقصفة وتتدرج من الطرية إلى متوسطة الصلابة. معظمها أسود مع أشرطة ذات ألوان داكنة وذات منشأ ناري. ولكن توجد بعض الأنواع الشفافة منها كالزنجفر والرهج الأصفر. وتعد معظم الفلزات الرئيسة للمعادن المهمة كالنحاس والرصاص والفضة ذات طبيعة كبريتيدية.

الزنجفر

تتدرج ألوان بلورات الزنجفر من البني الداكن إلى القرمزي. يتبلر المركب المعدني ذو اللون الأحمر اللامع حول الينابيع الساخنة والعروق الحرارية. يحوي الزنجفر على 85٪ من الزئبق وقد بدأ تعدينه أثناء الحضارة الرومانية ومازال بعض مناجمه القديمة تعمل. مايزال الزنجفر المصدر الأساسي للزئبق في العالم. تشبه بلوراته الشفانية إلى الشفافة الكوارتز في تناسقها ولكن توضع بلورات كل من هذين المركبين يختلف عن الآخر.



1- خصائص المركبات المعدنية

من الطرائق الرئيسة في تصنيف المركبات المعدنية هي بالاعتماد على خصائصها الفيزيائية. يمكن لبعض هذه الخصائص أن يكون كافياً لتعريف المركب بشكل تام، ولكن لبعض المركبات تفاعلات كيميائية أكثر تعقيداً بحيث تحتاج إلى تحليل لحيود الضوء أو الأشعة السينية فيها. تشمل الخصائص الفيزيائية التي يعتمد عليها في التصنيف بنية البلورات وتوضعها وقساوتها ولمعتها وشفافيتها ولونها وتلطيخها وتشققها وتكسرها وجاذبيتها الخاصة. ومن الطرائق الأخرى المتبعة في تصنيف المركبات المعدنية الوميض الفلوري والوميض الفوسفوري والمغنطيسية.

التلطيخ

تلطيخ المركب المعدني هو اللون الذي يتركه حين يجر على سطح خشن حين يخلف مسحوقاً منه نتيجة للاحتكاك على ذلك السطح. بعض المركبات المعدنية لا تترك أي لون فنقول أنها مركبات بيضاء أو عديمة اللون. يعد لون التلطيخ أو المسحوق مهماً للتعريف بالمركبات المعدنية الملونة، وقليل الأهمية بالنسبة للمركبات السيليكاتية التي يكون معظمها ذو تلطيخ أبيض.

▲ الهماتيت وتلطيخه

اللمعة

تبين اللمعة انعكاس الضوء عن سطح المركب المعدني. يمكن أن تكون اللمعة معدنية ذات انعكاسية عالية أو لامعدنية يمكن وصفها بأنها زجاجية أو لؤلؤية أو راتنجية أو حريرية. إضافةً للمعة يمكن للمركب المعدني أن يكون شفافاً كالموسكوفيت، أو شفانياً (نصف شفاف) كالجاديئيت. بعض المركبات كالهيماتيت أو البيريت تبقى كامدة حتى ولو أخذت منها عينة رقيقة لفحصها.

▲ الجاديئيت مركب شفاني

حقائق مهمة

- الفلوريت الذي يظهر بألوان بلورات أرجوانية أو زرقاء أو صفراء أو خضراء يترك دائماً تلطيخاً أبيضاً. أما الهماتيت الأسود اللون فيترك تلطيخاً أحمراً.
- ذكر ثيوفراستوس لأول مرة في مقاله "عن الحجارة" الذي كتبه في حوالي سنة 300 ق.م. نظاماً لتصنيف المركبات المعدنية بحسب قساوتها. وقد ذكر بليني الأكبر ذلك أيضاً في كتابه "التاريخ الطبيعي" حوالي سنة 77 ميلادية.

القساوة

وتدل على درجة مقاومة المركب المعدني للخدش. ويعتمد ذلك بشكل كبير على التركيب الكيميائي والبنية البلورية للمعدن. يمكن لترتيب البلورات أن يجعل المعدن نفسه أطرى على أحد الجوانب من الجانب الآخر. يعد مقياس قساوة موهز من أكثر الطرائق المقبولة لقياس قساوة أي عنصر، وهو يتدرج من 1 إلى 10، وعادةً يخدش المركب ذي المؤشر الأعلى المركبات الواقعة دونه.

التشقق

يدعى انكسار المركب المعدني على طول سطح بنيته البلورية بالتشقق. يطلق على تشقق مركب معدني بأنه كامل أو جيد أو متميز أو ضعيف بحسب تناسق تشققه. يحدث تشقق أي مركب معدني في اتجاه واحد أو اتجاهين أو ثلاثة أو أربعة أو ستة اتجاهات. يبدو على الميكا تشقق قاعدي، بينما يبدو على الغالينا تشقق مكعبي كامل.



▲ يبدو على الميكا تشقق قاعدي



▲ يبدو على الغالينا تشقق تكعيبي كامل

التصدع والتماسك

إذا كان انكسار مركب معدني لا يتفق مع سطح التشقق فإننا ندعو ذلك "التصدع". يمكن للتصدع أن يكون صدفياً في المركبات ذات الحبات الشديدة النعومة، أو ترابياً في المركبات الطرية الرخوة. التصدع المفرَّض هو انكسار متثلم وحاد ومتشظٍ يوجد في المركبات غير الليفية. ويقصد بالتماسك مقاومة المعدن للتصدع والتشقق. نتيجة لذلك يمكن للمركب المعدني أن يكون قصفاً أو مطيلاً أو طروقاً أو قابلاً للقطع أو مرناً أو لدناً.



▲ تصدع مفرَّض

▼ تصدع متشظٍ

خصائص المركبات المعدنية-2

أثارت المركبات المعدنية اهتمام الإنسان. تبين النصوص السنسكريتية القديمة على وجود دراسات مفصلة منذ القدم عن المركبات المعدنية المشكلة للصخور. من بين حوالي 4000 من المركبات المعدنية المعروفة اليوم يعد 150 منها شائعاً وحوالي خمسين موجوداً بكميات أقل، أما ما تبقى فيصنف بأنه نادر أو نادر جداً. يركز علم التعدين الفيزيائي على وصف الخصائص الفيزيائية للمركبات المعدنية وهي أبسط الطرائق لتعريف وتصنيف ونسب هذه المركبات إلى مجموعات.

▲ بلورة عقيق أحمر

توضع بنية البلورة

يقصد بذلك الترتيب الهندسي المنتظم للذرات في البنية الداخلية للمركب المعدني. تلعب بنية البلورة وتناسقها دوراً في تحديد خصائصها الفيزيائية كالتصدع والتركيب الشريطي الإلكتروني والشفافية البصرية. يبين توضع بلورات المركب شكلها الخارجي البادي للعيان. ويمكن تطبيقه على بلورة مفردة أو مجموعة من البلورات.

الثقل النوعي

وهي التمثيل الرقمي لكثافة المركب. ويقيس الثقل النوعي كمية الماء الذي تطرحه عينة ما من المركب المعدني. لمعظم المركبات المعدنية المشكلة للصخور ثقل نوعي يساوي 2.5-3.5. ينتج عن أي تبدل في التركيب الكيميائي تبدل في الثقل النوعي. وعموماً للمركبات المعدنية ثقل نوعي أعلى من جاذبية المركبات اللامعدنية وحتى تلك ذات اللمعة الكامدة. للذهب ثقل نوعي يقع بين 15 و19.3.



▲ شذرات ذهبية صافية

الشفافية

شفافية مركب ما هي قياس الضوء الذي يمر عبر المركب. تعتمد الشفافية على سطح المركب وثخانته. إذا كان الضوء يمر عبر المركب مروراً حراً لا تكتنفه العقبات نقول أن المركب شفاف. إذا كان يوجد ما يعترض مرور الضوء أو يشوهه بطريقة ما فنقول أن المركب شفاني أو شبه شفاف، أما إذا لم يتمكن الضوء من النفوذ عبر سطح المركب فنقول أن المركب كامد أو كتيم.

حقائق مهمة

- للكثير من الصخور مذاق متميز كما يبدو من تناول الملح الصخري. يمكن لبعضها أن يكون حلواً كالبورق، كما يمكن لبعضها أن يكون مراً كالسفليت.
- للآزوريت بلورات زرقاء شفافة، ولكن بسبب كثافة تلونه فإنه يبدو أسوداً وكامداً. يستخدم أحياناً في صنع الحلي، وهو فلز يستخرج منه النحاس ويستخدم في صناعة الأصبغة.

اللون

أول ما يلفت الانتباه في أي مركب هو لونه، ولكنه ليس أفضل الطرائق لتعريف المركب المعدني. ينتج لون المركب عن امتصاص أو عدم امتصاص اللون من قبل العناصر الموجودة في المركب. يجب أن تكون هذه العناصر معدنية حتى تمتص الضوء. فالنحاس ينتج اللونين الأخضر والأزرق، أما الحديد فهو معروف بلونيه الأحمر والأصفر الذين ينتجهما.

التخططات

يطلق عليها خطأً الخدوش، ولكن التخططات تضفي جمالية على المركب المعدني. تحدث التخططات غالباً من التقاء وجهي بلورتين معاً. تبدو التخططات متوازية عموماً، ولكن بعضها مثلثي الشكل أو حتى متصالب. توجد التخططات في الكثير من المركبات المعدنية، ولكن أفضل أمثلتها يظهر في الكوارتز والبيريت والأبوفيليت والترمالين. وخلافاً لمعظم المركبات المدنية التي تظهر التخططات على طولها فإن للكوارتز تخططات عمودية وواضحة.



▼ أبوفيليت

▲ بيريت

▲ ترمالين

▲ كوارتز

أكثر المركبات المشكلة للصخور-1

عرّف الجيولوجيون آلاف المركبات المعدنية، ولكن حوالي مئة فقط تنتمي إلى فئة مشكّلات الصخور. لهذه المواد الطبيعية اللاعضوية الصلبة والبلورية بنيات ثابتة. يمكن لتركيبها الكيميائي أن يكون ثابتاً أو متفاوتاً ضمن حدود معينة. توجد بعض المركبات المعدنية التي اشتركت في تشكيلها عمليات عضوية ولاعضوية. يعد الكالسيت من المركبات المعدنية الشائعة على شكل عروق في الصخور، ومادة مشكلة لأصداف الكثير من الكائنات الحية.

البيوتيت

بيوتيت

ينتمي البيوتيت إلى المجموعة السيليكاتية الصفيحية من سيليكات الميكا. من بين أنواعه الثمانية والعشرين ستة منها فقط هي مركبات معدنية مشكلة للصخور والأكثر انتشاراً. توجد هذه الأنواع الست في بيئات جيولوجية أكثر من أي من الأنواع الأخرى. فهي توجد في الصخور المتحولة المحلية والتماسية، وفي الصخور النارية كالغرانيت والريوليت. اللون السائد للبيوتيت هو الأسود، ولكن يوجد منه ما هو بني أو أحمر أو بني مائل للحمرة أو للخضرة أو أخضر مزرق.

الكالسيت

كالسيت أصفر

الكالسيت هو المركب المعدني اللاسيليكاتي الوحيد المشكل للصخور. وهو أحد المركبات المعدنية المهمة الكثيرة الانتشار ويتشكل في البيئات الرسوبية لاسيما كمكون رئيس للحجر الجيري. يتصف بشفافية عالية أو متوسطة، ولمعة زجاجية إلى راتنجية. كما يوجد الكالسيت أيضاً في الصخور النارية والمتحولة. لونه الرئيس أبيض، ولكنه يوجد بتظللات فاتحة من الأصفر والأزرق والأحمر والبني والأخضر والأسود.


كالسيت كوارتزي



حقائق مهمة

- يشكل الموسكوفيت غالباً بلورات وصفائح كبيرة. بلغ طول إحدى البلورات التي اكتشفت بالقرب من مدينة نيلور الهندية 3 أمتار، ووزنها 85 طن.
- نظراً لقساوته العالية يستخدم الموسكوفيت في طحن وشحذ وصقل زجاج العدسات، كما يستخدم في صنع ورق الصنفرة ورحى المطاحن.

الفلسبار

الفلسبار من المركبات المعدنية المشكلة للصخور والأكثر انتشاراً في القشرة الأرضية. وهو شديد الشبه بالكوارتز ولكنه أطرى منه وأقل شفافية. يتدرج الفلسبار من الشفاف إلى العتيم. ومع أنه أبيض أو عديم اللون إلا أنه يمكن أن يأخذ مختلف الألوان إن لم يكن نقياً. للفلسبار لمعة زجاجية أو لؤلؤية، ويوجد في كل فئات الصخور، ولكنه يتوزع أكثر في الصخور النارية.

▲ فلسبار

الموسكوفيت

الموسكوفيت هو مثل البيوتيت في كونه أحد أعضاء مجموعة الميكا السيليكاتية الصفيحية، ويوجد في الصخور المتحولة كالشيست والنايس. كما يوجد أيضاً في الصخور الرسوبية والغرانيت. للموسكوفيت لون أبيض أو فضي أو أصفر أو اخضر أو بني مع لمعة لؤلؤية، ويمكن أن يكون شفافاً أو شفانياً. وبسبب تشققه الكامل وصفائحه المتينة تستخدم صفائح الموسكوفيت في روسيا لصنع ألواح النوافذ، ويعرف أيضاً باسم زجاج موسكو.



▲ موسكوفيت

الكورندم

الكورندم هو أكسيد الألومنيوم الطبيعي وثاني أقسى مركب معدني إذ تبلغ قساوته ربع قساوة الماس. تشاهد نماذجه الأنعم على شكل أحجار الصفير والياقوت الكريمة. يمكن أن يكون الكورندم عديم اللون، ولكن الشوائب تعطيه لوناً أحمراً أو أزرقاً. يوجد الكورندم على نطاق واسع في الصخور النارية والمتحولة والرسوبية، مع وجود أغنى كمياته في الهند وميتمار.



▼ كورندم

أكثر المركبات المشكلة للصخور - 2

تتألف غالبية صخور الأرض من مجموعة قليلة من المركبات المعدنية ذات الروابط المختلفة. وتحدد هذه الروابط تصنيف الصخور. يذكر علماء المعادن المركبات المعدنية الموجودة بكثرة في الصخور ويطلقون عليها اسم المركبات المعدنية الأساسية essential minerals. وتعد هذه المركبات شديدة الأهمية في دراسة عمليات تشكيل الصخور. تنتمي غالبية المركبات المعدنية المشكلة للصخور النارية إلى المجموعة السيليكاتية.

الأوليفين



يوجد الأوليفين عموماً في الصخور النارية ذات المحتوى الضعيف من السيليكا كالبازلت والغابرو. ويوجد أحياناً في الصخور المتحولة. يتحول الأوليفين بسهولة شديدة ويبدو كمادة شفافة إلى شفانية، وتتدرج ألوانه من الأخضر الزيتوني إلى الأسود أو البني، كما يمكن أن يكون عديم اللون. للأوليفين نقطة ذوبان عالية، وهو مقاوم للتفاعلات الكيميائية، لذا يستخدم في بناء جدران الأفران.

البيروكسين

البيروكسين هو مجموعة من المركبات المعدنية المشكلة للصخور ويسود فيه الكالسيوم والمغنيزيوم والحديد. يوجد بوفرة في الصخور النارية والمتحولة، ونادراً مانجده في الصخور الرسوبية بسبب قابليته العالية للتعرية والحت. ويتشكل البيروكسين تحت درجة حرارة عالية أو ضغطٍ عالٍ أو كلاهما. يتميز البيروكسين بتدرج ألوانه من الأخضر الداكن إلى الأسود، ولكنه يمكن أن يتدرج أيضاً من الأخضر الداكن إلى الأخضر التفاحي، ومن الليلكي إلى عديم اللون بحسب تركيبه الكيميائي.

الكوارتز

الكوارتز هو من بين أكثر المركبات المعدنية المشكلة للصخور ويوجد في الكثير من الصخور المتحولة والرسوبية. كما يوجد في الصخور النارية العالية بمحتوى السيليكا كالغرانيت والريوليت. يوجد الكوارتز على شكل عروق معدنية لذا فهو يرتبط بالرسوبات المعدنية. يوجد غالباً في شكله الصافي وتتنوع ألوانه بين الأرجواني والوردي والرمادي والبني. توجد أنواع نادرة منه ذات لون أصفر أو برتقالي. الكوارتز النقي، ويعرف أيضاً بالبلور الصخري، عديم اللون وهو إما أن يكون شفافاً أو شفانياً، ويستخدم في أعمال النحت على الحجارة الصلبة.



الإلمنيت

الإلمنيت هو المصدر الرئيس للتيتانيوم الذي يستخدم في صناعة القطع المعدنية الخفيفة ذات القوة الكبيرة كأقسام الطائرات والمفاصل الصناعية للإنسان والمعدات الرياضية. يستخدم الإلمنيت أيضاً في صناعة الدهانات والورق واللدائن. وهو أكسيد معدني أسود وثقيل ويحوي على بعض المغنطيسية. يشاهد في الكثير من الصخور النارية، كما يوجد على شكل ذرات رملية حرة.

حقائق مهمة

- تستخدم العديد من أنواع الكوارتز كأحجار شبه كريمة في صناعة المجوهرات، ومن أشهرها الجزع (أو العقيق اليماني) والعقيق الأصفر إلى البرتقالي، واليشب وحجر الدم.
- إضافة إلى استخدامه في صناعة الطائرات يستخدم التيتانيوم أيضاً في صناعة هياكل الدراجات.



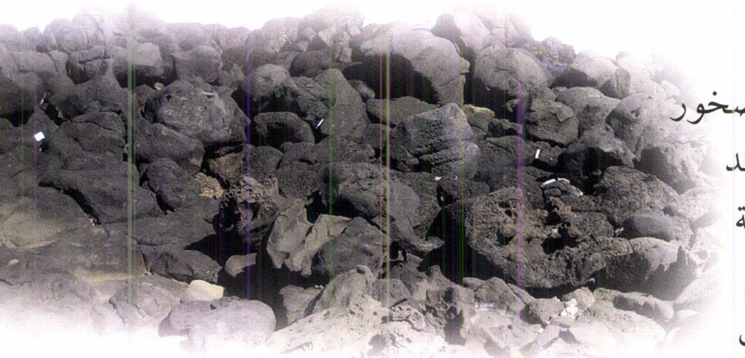
الأمفيبول

أكثر ما يمثله هو الهورنبليند الموجود في الديوريت وبعض الغرانيت. الأمفيبول أسود اللون على الأغلب، والنوع المافي منه يتميز بتخطيطاته. أما النوع الفلسي فهو وردي اللون وخالٍ من التخطيطات. توجد هذه المركبات المعدنية بكل رئيس في الصخور المتحولة والنارية ويتدرج من عديم اللون إلى الأبيض والأخضر والبني والأسود والأزرق والأرجواني الفاتح. من المعروف عنه أنه ينز ماءاً عند تسخينه. اشتقت كلمة أمفيبول من اليونانية وتعني "الغامض"، وقد أطلق عليه هذا الاسم عالم البلورات والمعادن الفرنسي رينيه جوست هيوي.

توزع الصخور

مع أن قشرة ووشاح الأرض يتألفان بشكل رئيس من صخور نارية فإن معظم سطح الأرض مغطى بطبقة رقيقة من الصخور الرسوبية. وتشمل هذه التغطية الأرصفة والهوامش القارية والأحواض المحيطية. وتبرز في مناطق السلاسل الجبلية والتروس القارية التي تعرضت لتعرية كبيرة الصخور النارية والمتحولة القابعة تحتها.

الصخور

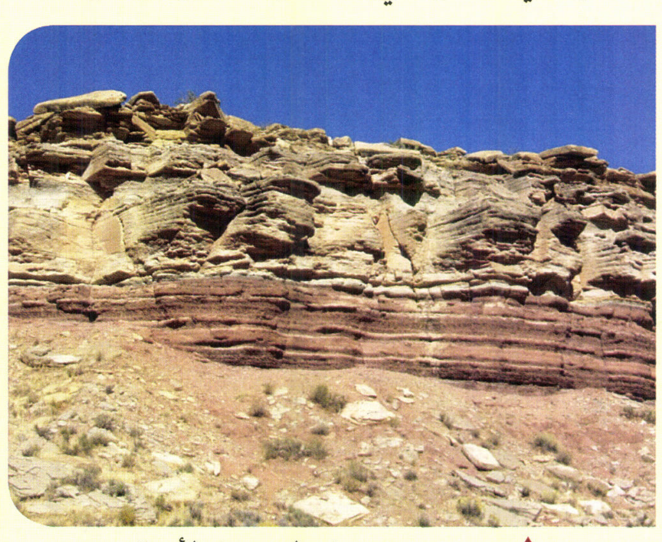


▲ صخور بازلتية في شبه جزيرة الرأس الأخضر.

مع أنها أكثر الصخور انتشاراً على الأرض، إلا أن الصخور النارية تتشكل في مناطق محددة. فهي تظهر في القارات عند حواف الصفائح المتقاربة حيث تقذف الأنشطة البركانية الصهارة. يتألف أقل من 65٪ من القشرة الأرضية من صخور نارية، ومن هذه يتألف 66٪ منها من البازلت والغابرو و16٪ فقط من الغرانيت. أما قاع المحيط فيتألف بشكل كامل تقريباً من البازلت.

الصخور الرسوبية

وهي أكثر الصخور انتشاراً على سطح الأرض. أدت العمليات المشتركة للتعري والحت والتصخر إلى تشكيل هذه الصخور في العديد من الأنهار والبحيرات والأحواض البحرية التي كانت يوماً ما على سطح الأرض ولكنها اليوم أحواضاً جافة. تقع هذه الطبقة الرقيقة من الصخور على عمق لا يتجاوز ميل واحد من القشرة الأرضية وفي المناطق التي كانت فيها القشرة مستقرة.



▲ صخور رسوبية في ولاية يوتاه الأميركية

الصخور المتحولة

توجد الصخور المتحولة في مناطق تشكل الجبال ويتمركز معظمها عند الهوامش القارية. توجد الصخور المتحولة التماسية في جميع أنحاء القشرة الأرضية. وهي مجرد نسبة ضئيلة مقارنة بالصخور المتحولة المحلية التي توجد على أعماق تصل حتى 10 كم تحت سطح الأرض. أما على السطح فإن مركز معظم القارات هو ترس قاري عريض يتألف من صخور شديدة التحول.



▲ البغماتيت هو أحد أنواع الصخور المتحولة.

صخور الدهرين ما قبل الكامبري والقديم

يعود تاريخ بعض أقدم الصخور الموجودة في العالم إلى حوالي 3.96 مليار عام أو ما يدعى بالدهر ما قبل الكامبري. ويعتقد أنها أول الصخور التي تشكلت حين بدأت الأرض تبرد. تظهر على صخور الدهر القديم آثار تطور نشوئي للنباتات والحيوانات وآثار تدل على انقراض جماعي. ويعود معظم الحجر الجيري والفحم الحجري المستخلصان لأغراض صناعية إلى هذا الدهر.



▲ صورة بالقمر الصنعي لفوهة شوميكر التي تتألف حلقتها الخارجية من صخور رسوبية ماقبل-كامبرية.

صخور الدهرين الوسيط والحديث

تظهر صخور الدهر الوسيط تكيفاً كبيراً للنباتات عما كانت عليه في الدهر القديم. وقد استنتج العلماء من دراسة الصخور أن ديناصورات كبيرة كانت تسير على الأرض في معظم فترة الدهر الوسيط. صخور الدهر الحديث في معظمها رسوبية وتحوي على مخزون هائل من البترول. توجد صخور هذا الدهر في كافة القارات. ومن أمثلة الصخور النارية في هذا الدهر مكامن ديكان في الهند.

حقائق مهمة

- شهد الدهر الحديث بناء السلاسل الجبلية كجبال الألب في جنوب أوربا، وجبال الأطلس في إفريقية، وجبال الهملايا في شمال الهند.
- يمكن تحديد عمر صخرة من الأحفورات التي تحويها أو من دراسة العناصر المشعة فيها.

▼ أحفورة شانسيلوريا بنتاكتا من غربي ولاية يوتاه



▼ أحفورات من الدهر الوسيط



توزع المركبات المعدنية-1

كانت المركبات المعدنية دائماً القوة الدافعة لاقتصاد البلدان في الأزمنة القديمة، سواء كانت ذهباً أم فضةً أم ملحاً أو مركبات معدنية نادرة كالبلاتين والروديوم. وقد كانت السبب وراء بعض الحروب والغزوات. كانت المكسيك وماتزال أهم البلاد المصدرة للفضة. وكانت الهند سابقاً المكان الوحيد الذي يحوي على ترسبات الماس، أما اليوم فيستخرج الماس في كثير من أنحاء إفريقية.

الحديد



الحديد هو أكثر العناصر انتشاراً على الأرض، وسادس أكثر العناصر الموجودة في الكون. يتألف قسم كبير من لب الأرض الخارجي والداخلي من الحديد. لم يكن الحديد أول معدن يستخدمه الإنسان، ولكنه سخر لخدمة الإنسان منذ أقدم العصور. تنتج دول الصين والبرازيل وأستراليا وروسيا والهند معاً 70٪ من فلز الحديد. الحديد النقي طري ولكنه يصبح قاسياً بعد صهره وتشكيل الفولاذ منه.

الفحم الحجري

يستخرج الفحم الحجري من أكثر من 60 بلداً، ولكن 37٪ من الفحم الحجري في العالم يوجد في الصين. تتبعها الولايات المتحدة (14٪) والهند (6٪). الفحم الحجري وقود أحفوري مهم ويستخدم كمصدر للطاقة وإنتاج الزيوت المعدنية والمنتجات الصيدلانية وفي إنتاج فحم الكوك. ويعتقد أنه لو استمرت معدلات الإنتاج على هذا النحو، فإن مخزون العالم من الفحم الحجري سينفد خلال 300 عام.

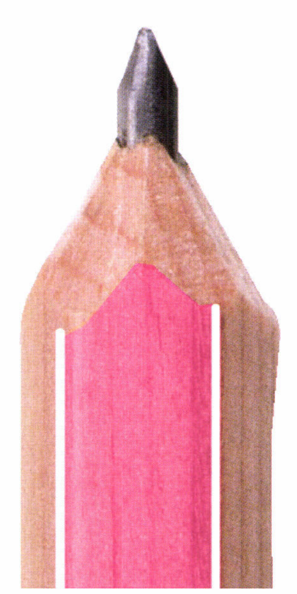


البوكسيت

البوكسيت هو المصدر الرئيس لاستخراج الألومنيوم، وقد سمي بهذا الاسم نسبةً إلى قرية ليه بو في فرنسا حيث توجد مناجم كبيرة منه. يستحصل على البوكسيت عادةً من مناجم سطحية، ويستخدم 85٪ منه في إنتاج الألومنيوم الذي لا يوجد في شكل نقي. تنتج أستراليا ثلث الإنتاج العالمي تقريباً من البوكسيت، تليها البرازيل وغينيا وجمايكا. توجد مخزونات كيرة أيضاً في الهند والصين وروسيا وسورينام والولايات المتحدة وفنزويلا.

الرصاص

يستخرج الرصاص بسهولة من الغالينا، وقد استخدم منذ أقدم العصور. استخدمه الرومان القدماء لصنع أنابيب المياه، كما استخدم على نطاق واسع في صنع الأوزان. يندر وجود الرصاص نقياً في الطبيعة، ولكنه يوجد متحداً مع عدة مركبات معدنية. الرصاص متوسط التوفر بالنسبة لباقي المعادن، ولكن توجد مخزونات مهمة منه في الأجزاء الغربية من الولايات المتحدة وفي وادي الميسيسيبي. كما توجد مخزوناته في كندا وأستراليا وإسبانيا وألمانيا وإفريقية وأميركا الجنوبية.



▲ لا علاقة لأقلام الرصاص بمعدن الرصاص، لأنها تصنع من الغرافيت أحد أشكال الكربون

النحاس

كان النحاس أول معدن يستخرجه الإنسان ويستخدمه، فقبل 10.000 عام وضعت أنابيب نحاسية في أهرامات مصر. يندر أن يوجد النحاس في شكله النقي، بل يوجد حول العالم في الحمم البازلتية. كانت الصين وماتزال أكبر منتج للنحاس في العالم حيث يقدر إنتاجها بحوالي 45٪ من الإنتاج العالمي. توجد مخزونات النحاس أيضاً في المكسيك والولايات المتحدة وإندونيسيا وأستراليا والبيرو وروسيا وكندا والصين وبولندا وكازاخستان.



▲ أسلاك كهربائية مصنوعة من النحاس

حقائق مهمة

- النحاس ضروري لصحة الإنسان، وأهم مصادر النحاس الغذائي هي الطعام البحري وأعضاء الذبائح والقمح الكامل والمكسرات والزبيب والبقول والشوكولا.
- كان الصينيون أول من استخدم الفحم الحجري في صهر النحاس منذ حوالي سنة 1000 ق.م. حتى حكم سلالة هان (206 ق.م –220 م).

2- توزع المركبات المعدنية

التوزع العالمي لمصادر ومخزونات المعادن لا يتغير مع الزمن، ولكن توزع المناجم وأماكن التعدين أكثر ديناميةً. يصنف توزع المركبات المعدنية المهمة على أنها واسعة الانتشار إذا كانت توجد منها مخزونات عديدة في بلدان مختلفة، ونادرة إذا كانت تتركز في أماكن محددة ضمن بلدان قليلة، ومتوسطة إذا كانت تقع بين هذين الحدين.

الزنك

الزنك (أو الخارصين) معدن لامع ذو لون أبيض يميل إلى الزرقة يوجد متحداً مع فلزات معادن أخرى كالنحاس والرصاص. توجد مخزونات الزنك حول العالم وأكبرها في إيران، كما توجد كميات جيدة التعدين في أستراليا وآسيا والولايات المتحدة. تنتج الصين 29٪ من الإنتاج العالمي من الزنك. وقد اكتشف أقدم دليل على استخراج الزنك النقي في راجستان بالهند سنة 9 ميلادي.

▲ شذرات من الزنك





اليورانيوم

اليورانيوم معدن ذو خصائص نووية فريدة. يوجد كعنصر طبيعي في الطبقات السفلى من الصخور والترب والماء. يعود استخدام اليورانيوم في شكله الأكسيدي الطبيعي إلى سنة 79 ميلادية على الأقل حين استخدم كصبغ أصفر لطلاء السيراميك والزجاج. تحوي أستراليا 31٪ من مخزونات فلز اليورانيوم المعروفة، ولكن كندا أكبر مصدِّر لفلز اليورانيوم.

البلاتين

البلاتين هو أحد أندر المركبات المعدنية وأعلاها سعراً على الأرض، ويطلق عليه "ذهب الأغنياء". ويوجد متحداً مع المعادن النادرة الأخرى، ويطلق عليها جميعاً مجموعة البلاتين. توجد عدة مخزونات معروفة من البلاتين أكبرها في جنوب إفريقية وروسيا. تحوي جنوب إفريقية أكثر من 80٪ من المخزون العالمي من البلاتين، وهي أيضاً أكبر الدول المصدرة له.



الفضة

الفضة معدن أبيض إلى رمادي لامع ويعد من المعادن الثمينة كالذهب والبلاتين. توجد الفضة منضمة إلى فلزات أخرى. توجد أغنى مخزونات الفضة في العالم في جبال روكي وجبال الأنديز. أهم الدول إنتاجاً للفضة في العالم هي المكسيك والبيرو والولايات المتحدة. بدأ استخراج الفضة منذ القرن الرابع قبل الميلاد، وهي تستخدم على نطاق واسع في صنع الحلي والمرايا والأدوات الطبية.



القصدير

القصدير معدن نادر ويستخرج من فلزات مختلفة، وهو غالباً ما يوجد في الصخور الغرانيتية. يعود استخراجه واستخدامه إلى حوالي سنة 3000 ق. م. أكبر منتجي القصدير هم الصين وإندونيسيا تليهما البيرو والبرازيل وبوليفيا وأستراليا. كذلك من المعروف وجود عروق غنية من القصدير في وسط وجنوب إفريقية. يستخدم معظم القصدير في صنع الأشابات وأشهرها أشابة تحوي على 5٪ من البرونز و95٪ من القصدير.

حقائق مهمة

- يذكر كتاب "شاراكا سمهتا" الذي كتب سنة 500 ق.م. أو قبل ذلك استخدام الزنك لصنع مختلف الأدوية. ولكنه يوصف اليوم كمضاف غذائي يومي.
- استخدم أباطرة الصين عصي طعام من الفضة، وتناول مهراجات الهنود طعامهم في أطباق فضية، ولم يكن ذلك كمظهر من مظاهر الثراء فقط، بل أيضاً للوقاية من التسمم.

1- الأشابات

الأشابة هي خليط من معدنين أو أكثر، ولكنها قد تمتزج أيضاً بكميات ضئيلة من اللامعادن. يعطي المعدن الرئيس أو الأساسي للأشابة اسمها. يمكن تقسية معدن طري وطروق كالألومنيوم عند امتزاجه بمعدن طري آخر كالنحاس. استخدمت بعض الأشابات منذ أقدم العصور كالبرونز والنحاس الأصفر والحديد الخام (أو تماسيح الحديد) والبيوتر ومعدن الأجراس.

البرونز

تعلم الإنسان في حوالي سنة 2500 ق.م. كيف يصنع أقدم أشابة بصهر النحاس والقصدير معاً لتشكيل البرونز. تصنع أنواع مختلفة من البرونز بمزج مختلف المعادن مع النحاس وبنسب مختلفة. وقد حل البرونز القوي والمتين مكان النحاس الذي كان يستخدم سابقاً. استخدم البرونز على نطاق واسع لصنع الأدوات والأسلحة والدروع في العصر البرونزي، وما يزال يستخدم اليوم لصنع النوابض وطلاء المعادن الواقي من التخدش وأوتار الغيتار والبيانو.

▲ سيف مصنوع من البرونز

حقائق مهمة

- استخدم الحرفيون من فترة شولا في مقاطعة تاميل نادو الهندية البرونز لصنع تماثيل معقدة بطريقة القولبة بالشمع ذات التفاصيل الزخرفية.
- مازالت قرية أرانولا في مقاطعة كيرالا الهندية تمارس تقليد صنع المرايا العالية الصقل منذ القرن السادس عشر، وتعد هذه المرايا البرونزية أفضل من المرايا الزجاجية.

▼ البوق آلة موسيقية مصنوعة من النحاس الأصفر

النحاس الأصفر

النحاس الأصفر (أو الصُفر) هو أشابة من النحاس والزنك، ولكنه يحوي أيضاً على القصدير والرصاص والألومنيوم. استخدم في البداية لصنع أغلفة الرصاص والأدوات والأسلحة الأخرى، ولكن استغني عنه أمام الأشابات الأكثر تحملاً. استخدمه الرومان القدماء لصنع الأنابيب والنقود، وتجعله خاصيته المطيلية ملائماً للكتابة. مازال يستخدم اليوم في صنع الأدوات التي لا تحتاج إلى الكثير من الاحتكاك كالأقفال والمحامل والعديد من الآلات الموسيقية.

معدن الأجراس

معدن الأجراس هو أحد اشكال البرونز الصلبة ويحوي على نسبة كبيرة من القصدير. وقد استخدم في الهند منذ زمن طويل لصنع أدوات الطعام والطهي لاسيما في المناطق الشرقية. وقد استخدم منذ أكثر من 3000 عام في صنع الأجراس. القصدير والنحاس معدنان طريان، ولكن حين يمتزجان فإنهما يتحولان إلى مادة متينة أقل مطيلية وأكثر لدانةً ومقاومة للأكسدة.

◄ استخدم معدن الأجراس منذ زمن طويل في صنع الأجراس

▼ زهرية مصنوعة من البيوتر

البيوتر

يستخدم اليوم على الأكثر لصنع القطع الزخرفية، وأقل لصنع الحلي. تصنع هذه الأشابة المعدنية الطروقة غالباً من القصدير مع نسب ضئيلة من النحاس والرصاص والمعادن الأخرى لتقويتها. وقد استخدمت الفضة أيضاً في السابق، ولكن اليوم حل محلها الرصاص. اكتشفت أدلة على استخدام البيوتر منذ العصر الحجري. في العصور الوسطى استخدم أحد أنواع البيوتر في أوربا كأواني المائدة إلى أن تم اكتشاف البورسلان.



▲ قطعة نقود مصنوعة من فضة النيكل

الفضة الألمانية

تدعى أيضاً فضة النيكل، وهي أشابة نحاسية تحوي على النيكل وغالباً الزنك. طور صناع المعادن الألمان هذه الأشابة في القرن التاسع عشر تقليداً لأشابة صينية. وقد راجت هذه الأشابة ذات اللون والملمس الفضي وأصبحت معدناً أساسياً في صنع أدوات القطع والمادة. تستخدم اليوم على نطاق واسع في صنع الحلي والنقود وللمعدات البحرية بسبب مقاومتها للتآكل. وقد اشتهرت عند استخدامها في صناعة سيارة رولز رويس الشبح الفضي سنة 1907.

2- الأشابات

صنعت إحدى أولى الأشابات بمزج القصدير مع النحاس لصنع البرونز. أدركت الحضارات القديمة أن خلط المعادن كان يحسن من خصائص كل منها وينتج مادة أمتن وأقوى وأكثر مقاومة. تبع ذلك صنع أشابات أخرى، ولكن معظمها لم يبتكر حتى القرن العشرين. تعد الأشابات الفولاذية جزءاً مهماً من حياتنا الحديثة إلى جانب أشابات الألومنيوم والتيتانيوم والنيكل والمغنيزيوم.

الحديد الخام

كان الصينيون يصنعون الحديد الخام بين سنوات 1122–256 ق.م. حين لم يكن قد عرف بعد في العالم الغربي. صنع الحديد الخام هو عملية متوسطة تلي استخراج فلز الحديد باستخدام وقود كربوني عالٍ كالكوك أو الفحم النباتي أو الأنثراسيت وعوامل تنظيف كالحجر الجيري. ولكونه قصفاً فإنه نادراً ما يستخدم بشكل مباشر إلا لصنع الحديد المطاوع. ويستخدم اليوم بشكل رئيس في صناعة الفولاذ.

الفولاذ

الفولاذ هو أحد مكونات الحياة الحديثة، ويمكن رؤيته في الأدوات والآلات والوسائل المنزلية والأسلحة والأبنية. يعود تاريخ أقدم قطعة من الفولاذ إلى 4000 عام. يصنع الفولاذ بضم الكربون إلى الحديد. كما تضاف عناصر أخرى كالمغنيز والفوسفور والكبريت والسيليكون لإعطاء الفولاذ خصائص تتفاوت من حيث القساوة والمطيلية والشدة والقوة. وتضاف أحياناً كميات قليلة من النتروجين والألومنيوم.

الفولاذ اللاصدوء (الستينلس ستيل)

كانت بداياته في حوالي عام 700 ميلادي حين بدأ اليابانيون في صنع سيوف ذات طبقات متتالية من الفولاذ والحديد الصب لإضفاء القوة عليها. الفولاذ أشابة قوية بحد ذاته، ويصبح مقاوماً للصدأ بإضافة الكروم والنيكل. ويضاف إليه الكربون لجعل نوعيته ملائمة لصنع الأسلحة. لدينا اليوم فولاذ لاصدوء في المطبخ بدأً من المجلى وحتى سكاكين المائدة، كما يوجد في الجسور ودعائم المنازل وحتى في حلي الزينة.

▲ يستخدم الفولاذ اللاصدوء بكثرة لصنع أدوات المطبخ.

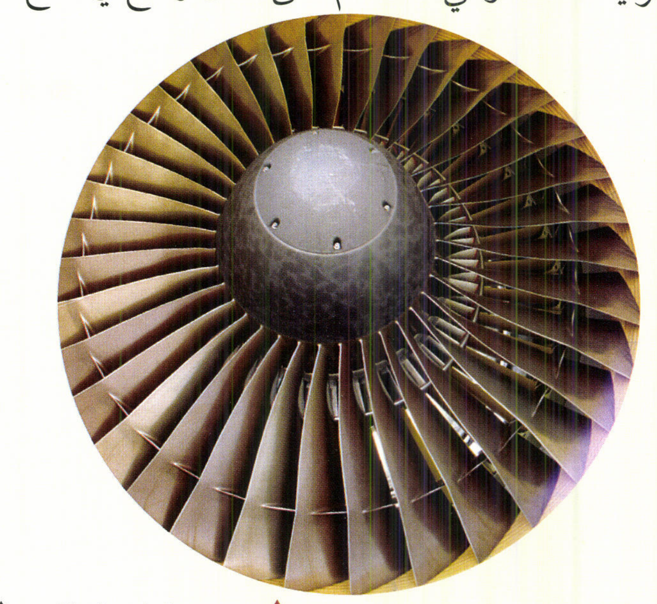
الأشابة العظمى

الأساس الذي تصنع منه الأشابة العظمى هو النيكل أو الكوبالت أو خليط النيكل والحديد. وهي شديدة المقاومة للتآكل والأكسدة. ولا تقتصر خصائصها على قوتها الميكانيكية الكبيرة، بل تمتاز بمقاومتها للمواد الصلبة من التشوه الناتج عن التوتر أو درجات الحرارة العالية. طورت هذه الأشابة وتستخدمها بشكل رئيس شركات صناعة الطائرات ومحطات توليد الطاقة. وهي تستخدم على نطاق واسع في صنع شفرات العنفات التي تتعرض لحرارة وضغط شديدين.



حقائق مهمة

- في سنة 326 ق.م. قدم الملك بورس سيفاً من الفولاذ للإسكندر الأكبر.
- توجد بعض الأشابات بشكل طبيعي في العالم كالإلكتروم وهو أشابة من الذهب والفضة. وقد وجد أن بعض النيازك تتألف من أشابات طبيعية من الحديد والنيكل.



▲ تصنع شفرات العنفة من الأشابة العظمى

الألومنيوم

تتألف هذه الأشابة بشكل رئيس من الألومنيوم مع كميات متفاوتة من النحاس أو المغنيزيوم أو المنغنيز أو السيليكون أو الزنك لتشكيل مادة قوية وخفيفة. تستخدم أشابات الألومنيوم على نطاق واسع في الهندسة الميكانيكية ومكونات الآلات حيث تكون خفة الوزن ومقاومة التآكل مطلوبة. وكان لهذه الأشابات أهمية خاصة في صناعة الطائرات. كما أن ناقليتها العالية وانخفاض سعرها نسبياً بالمقارنة مع النحاس جعلها مفضلة في صناعة أسلاك التمديدات الكهربائية المنزلية.



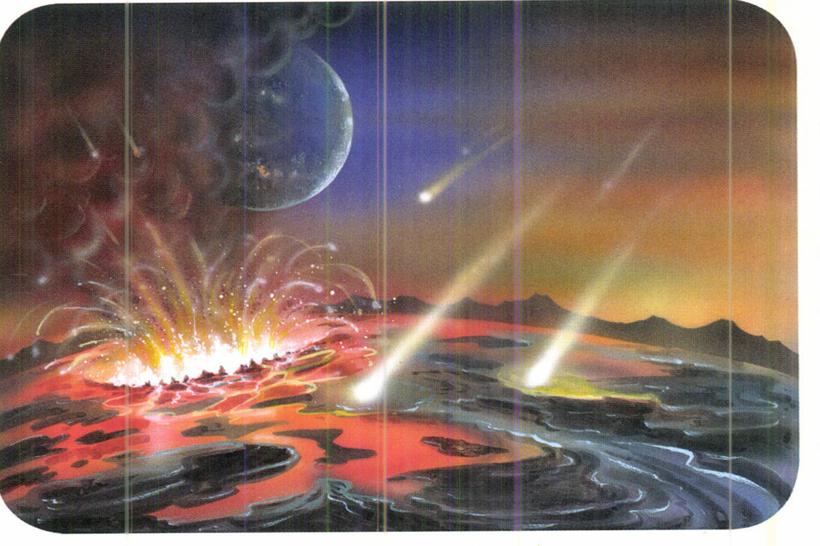
▲ صنعت بعض أجزاء طائرات ميغ-29 من أشابات الألومنيوم والسيليكون

الزمن الجيولوجي

قسم الجيولوجيون تاريخ الأرض إلى سلسلة من المراحل الزمنية. وتتفاوت أطوال هذه المراحل لأن الأزمنة الجيولوجية تقسم بحسب الأحداث المهمة في تاريخ الأرض. الدهور هي أطول فترات الزمن الجيولوجي وتبلغ مدتها مئات الملايين من السنين. تقسم الدهور إلى مراحل زمنية أصغر تدعى الحقب، وتقسم الحقب بدورها إلى عصور.

الدهر ما قبل الكامبري

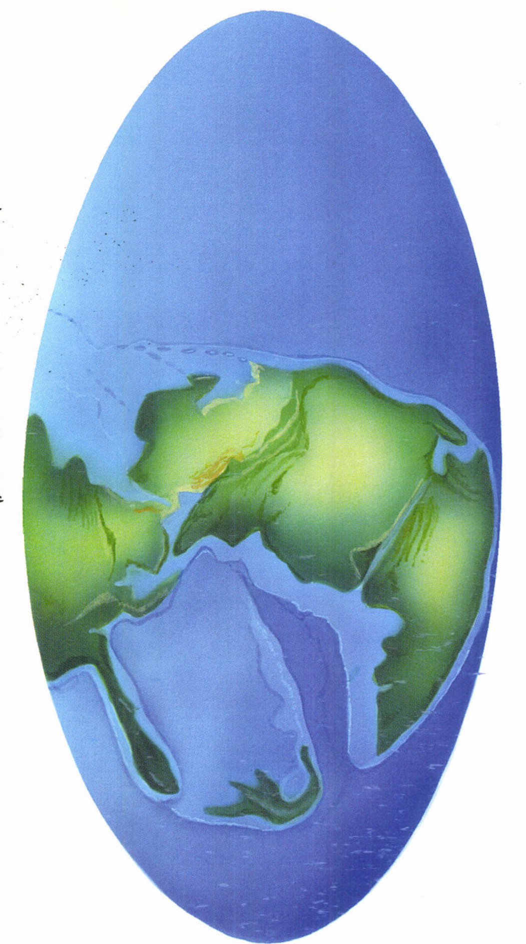
يعتقد أن الأرض قد انشقت عن الشمس قبل حوالي 4. 6 مليار عام. تعرف هذه الفترة بدهر الجحيم Hadean Eon حيث لم تكن الأرض إلا محيطاً من الصخور السائلة والكبريت. وعدا النيازك لا توجد صخرة على الأرض يعود تاريخها إلى ذلك الدهر. صخور ذلك الدهر تحولت بالكامل أو دمرت أو دفنت عميقاً في القشرة الأرضية.



رسم يبين دهر الجحيم

دهر فجر التاريخ

بدأ دهر فجر التاريخ (أو الدهر الفجري) قبل حوالي 450 مليون عام، ويقسم إلى ثلاث حقب: الحقبة القديمة، والحقبة الوسطى، والحقبة الحديثة. كان ذلك بدايةً للحياة وظهرت المتعضيات ذات الهياكل والأصداف الصلبة. تحولت الأرض بالتدريج إلى تشكيلها الحالي وبدأت تظهر بعض التضاريس من خلال عمليات جيولوجية كانزياح القارات وبناء الجبال وتغطية الجليد للأرض. اجتمعت القارات في كتلة يابسة واحدة تدعى بانجايا Pangaea ثم انفصلت إلى القارات الحالية.



رسم يمثل قارة بانجايا

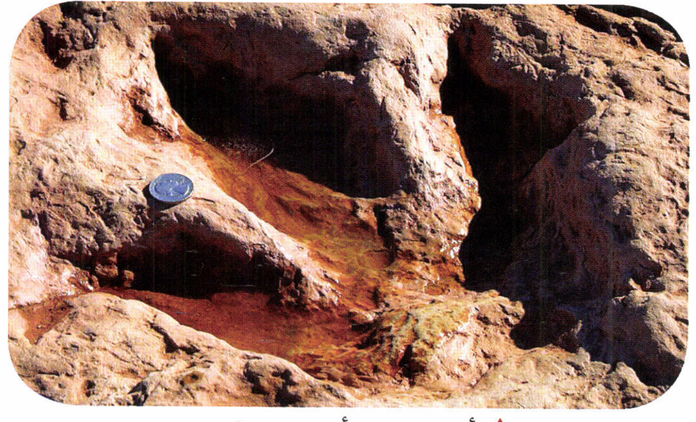
حقائق مهمة

- ماتت جميع الديناصورات قبل 65 مليون عام. بقي سبب انقراضها أحد الأسباب المحيرة التي يتساءل عنها العلماء اليوم.
- تحوي الرسوبات الفحمية في جنوب البرازيل على أحفورات شبيهة بتلك الموجودة في رسوبات الفحم في إفريقية والهند، مما يدل على انتماء هذه المناطق سابقاً إلى كتلة قارية واحدة.



الحقبة القديمة

تمتد بين 542–251 مليون عام، وقد بدأت بعد تفكك القارة العظمى وانفصال أقسامها في نهاية عصر جليدي. شهدت السنوات الأولى العديد من القارات الصغرى التي مالبثت أن تجمعت في قارة عظمى هي بانجايا. صخور الحقبة القديمة غنية بالمركبات المعدنية كالرصاص والزنك والفحم الحجري والجبس والحجر الجيري والفوسفات واليورانيوم. كما تنتج كميات كبيرة من المياه الجوفية والبترول.



▲ أحفورة تبين أثر قدم ديناصور

الحقبة الوسطى

تعود أحفورات هذه الحقبة إلى ما بين 251–65 مليون عام، وتقسم إلى العصور الترياسية (أو الثلثية) والجوراسية والكريتاسية (أو الطباشيرية). شكلت هذه الحقبة بداية انفصال بانجايا إلى قارة شمالية وقارة جنوبية تدعى غوندوانا Gondwana. تحوي الصخور الرسوبية من هذه الحقبة العديد من الأحفورات البحرية والقليل من اليابسية. تبين البحيرات والمسطحات الطينية في أسفل الوديان آثار أقدام محفوظة للديناصورات والزواحف والبرمائيات. كما عثر على أحفورات الأسماك في الطفل الصفحي الأسود.

الحقبة الحديثة

بدأت الحقبة الحديثة قبل 66 مليون عام وماتزال مستمرة إلى يومنا هذا. انفصلت القارة أكثر من قبل وانجرفت إلى مواقعها الحالية. صخور الحقبة الحديثة عالية التطور في كل القارات، لاسيما في السهول المنخفضة. تسود الصخور الرسوبية في هذه الحقبة وتحوي على أكثر من نصف المخزون العالمي من البترول. وقد ارتفعت في هذه الحقبة العديد من السلاسل الجبلية العظمى في العالم كالألب والكربات والأطلس والهملايا.

▼ بنيت جبال الهملايا أثناء الحقبة الحديثة

صخور من الفضاء

تسقط في كل يوم آلاف القطع من المواد الصخرية من الفضاء على الأرض بشكل عشوائي. معظم هذه الأجسام هي شكل من أشكال الصخور الفضائية، ومعظمها لا ضرر منها لأن غالبيتها العظمى تسقط في المحيطات والمناطق الصحراوية. القليل منها يعثر عليه ويتم تسجيله، ولا يشهد سقوطها الفعلي إلا قلة من المحظوظين. ويأتي معظمها من حزام الكويكبات الواقع بين المشتري والمريخ.

المذنبات

المذنبات هي أجسام كبيرة تتألف من الصخر والغبار والجليد. وهي تنشأ من خلف مجموعتنا الشمسية ويبلغ طول كل منها عشرات الكيلومترات. تشكلت المذنبات منذ مليارات السنين نتيجة للتصادمات بين الأجسام السماوية التي أدت إلى قذفها بعيداً في اتجاه الشمس. وتستمر المذنبات الكبيرة منها في الالتفاف حول الشمس منذ آلاف السنين. وحين نراها من الأرض فهي تبدو ككرة نارية تجر خلفها ذيلاً متوهجاً.

▲ تتألف المذنبات من صخر وغبار وجليد

الكويكبات

الكويكبات هي جلاميد صخرية تتدرج أقطارها من عدة أمتار وحتى مئات الكيلومترات. توجد الكويكبات غالباً في حزام الكويكبات الواقع بين كوكبي المريخ والمشتري، كما توجد في حزام كويبر الواقع خلف مدار كوكب نبتون. يشكل بعضها الذي يدور حول الشمس خطراً على الأرض. وهي تقترب أحياناً من الأرض إلى حد احتمال التصادم. يعتقد العلماء أن كويكب ضخم أصاب الأرض في الماضي مما تسبب في فناء الديناصورات.



▲ اكتشف الكويكب إيروس 433 في سنة 1898.

حجر نيزكي

الأحجار النيزكية

الأحجار النيزكية (أو النيازك) هي قطع صخرية أو معدنية شقت طريقها إلى سطح الأرض، وقد عثر على الآلاف من هذه الصخور. درس العلماء هذه الصخور ليتعلموا الكثير من التفاصيل المتعلقة بتركيب ونشأة المجموعة الشمسية. تبدو بعض هذه الأحجار النيزكية وكأنها أتت من القمر أو المريخ. ومن الاختبارات الشائعة على النيازك هي فحصها للتأكد من وجود عنصر الإيريديوم أو اكتشاف أي مقدار من المغنطيسية فيها.

حقائق مهمة

- يطلق على الأحجار النيزكية التي تشاهد أثناء اختراقها للغلاف الجوي ثم انتشالها لاحقاً بالمتساقطات falls، أما الأحجار النيزكية الأخرى فتدعى باللقايا finds. وقد عثر لحد الآن على حوالي 1.000 متساقطة و40.000 لقية.
- يعد الحجر النيزكي الحديدي هوبا الموجود في جنوب إفريقية أكبر الأحجار النيزكية على الأرض. يبلغ قطره 10 أمتار، ووزنه 60 طناً.

زخة الشهب

تحدث زخة الشهب حين تندفع قطع من الصخور الرملية الخشنة عبر الفضاء بسرعات هائلة. وحين تدخل إلى الغلاف الجوي للأرض يؤدي احتكاكها به إلى احتراقها مشكلةً خطوطاً ملتمعة عبر السماء، وكثيراً ما يطلق عليها اسم "النجم الساقط". تحترق آلاف الشهب التي تندفع نحو الأرض وتتحلل قبل أن تصل إلى الأرض. يشكل بعض هذه الشهب كزخة شهب الجوزاء حدثاً سنوياً.

صخور القمر

وهي صخور جلبت من القمر إلى الأرض، وحين أرخت إشعاعياً وجد أن عمر أصغرها سناً يعود إلى 1.2 مليار عام، بينما تتراوح أعمار بعضها بين 3.16–4.5 مليار عام. بعض المركبات المعدنية الموجودة فيها توجد أيضاً على الأرض كفلسبار البلاجيوكلاز والبيروكسين والأوليفين والإلمنيت. معظم الصخور القمرية تقريباً خالية من العناصر ذوات درجات الغليان المنخفضة وتفتقر بالكامل إلى المركبات المعدنية المهدرجة كالموجودة ضمن الصخور الأرضية.



جمعت العينة القمرية بيغ مولاي في سنة 1972.

صخور شهيرة

تعد الصخور جزأً كئيباً ومملاً من الأرض، ولكن الصخور اتخذت منذ قديم الزمن أشكالاً ممتعة وساحرة، بعضها طبيعي، وبعضها من صنع الإنسان. لاريب في أنه يوجد آلاف الصخور التي لا يعرف عنها إلا قلة من الناس، ولكن بعض هذه الصخور ذو شهرة واسعة. بل إن بعضها يشكل تحفاً فنية لا يمكن أن تخلقه إلا يد فنان.

صخرة جبل طارق



وهي جلمود صخري عملاق يقع عند حافة أوربا على شبه الجزيرة الإيبيرية. وتعود ملكية هذه الصخرة من الحجر الجيري البالغ ارتفاعها 427 متر إلى التاج البريطاني. وهي تشكل مدخل البحر المتوسط من طرفه الغربي. تذكر الأساطير أنها إحدى أعمدة هرقل، ولكنها تعود جيولوجياً إلى العصر الجوراسي قبل 200 مليون عام كما تدل الأحفورات المكتشفة فيها.

صخرة آيرز



وتعرف باسمها المحلي أيضاً أولورو. وهي الجبل الجزيري الضخم الذي بقي واقفاً بعد أن انهار الجبل الأصلي الذي كان يحيط به. يعرف هذا التشكيل من الحجر الرملي البالغ ارتفاعه 348 متر بالألوان المختلفة التي يعكسها طيلة ساعات النهار. وتشكل هذه الصخرة من الحجر الرملي الخشن الحبة كتلة واحدة لا متمفصلة. تدل الاكتشافات الأثرية على وجود مستوطنة بشرية في هذه المنطقة قبل 10.000 عام.

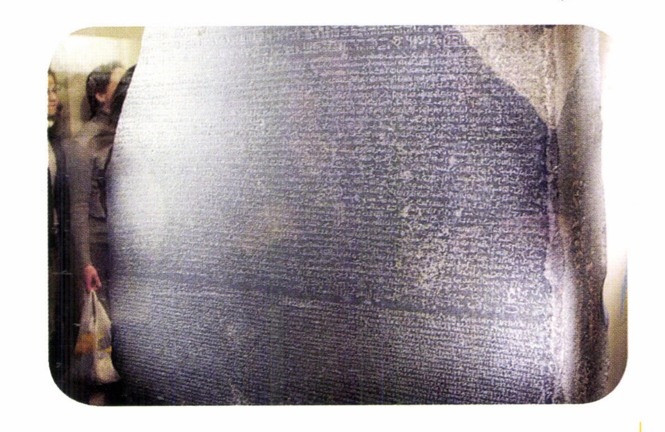
حجر رشيد

هذا الحجر هو شظية صخرية فريدة من نوعها نقش عليها أمر ملكي بثلاث لغات ذات أبجديات مختلفة. يعتقد أن الحجر كان يشكل جزأً من لوح حجري كبير، ويعود تاريخه إلى حوالي سنة 196 ق.م. اكتشف الحجر في سنة 1799، وكان أول قطعة من الكتابات الهيروغليفية المصرية التي يمكن فهمها وترجمتها من قبل الإنسان الحديث. وتوجد هذه القطعة البازلتية السوداء في المتحف البريطاني بلندن.



حقائق مهمة

- كبيراغبولتن هو جلمود صخري كبير بحجم 5 أمتار مكعبة يقع معلقاً على ارتفاع 984 متر فوق هاوية عميقة على حافة جبل كبيراغ في فيورد لايسيف النرويجي.
- كان تمثالا بوذا باميان قد نحتا من حافة جبل من الحجر الرملي في شمال غرب كابول في أفغانستان.



الصخور المتوازنة

توجد الصخور المتوازنة في جميع أنحاء العالم كدليل على حدوث تعرية جيولوجية. تتصل معظم هذه الصخور بقاعدة صخرية وتبدو مائلة ضمن زوايا متحدية للجاذبية. ومن بعض أمثلتها الصخرة المتوازنة في منتزه آرتشز الوطني في ولاية يوتا الأميركية، والصخرة المتوازنة فوق خليج سينت ميرز، في جزيرة لونغ آيلاند بمقاطعة نوفا سكوشيا الكندية، وصخرة القبعة المكسيكية، تستمر هذه الصخور في إدهاش وتحيير المنطق العلمي للإنسان.

▲ الصخرة المتوازنة في منتزه آرتشز الوطني

ستونهنج

ستونهنج هي حلقة من الحجارة القائمة التي احتار الإنسان في معرفة نشأتها وسبب وجودها بهذا الشكل، خصوصاً أنها تقع وسط مركز من النصب التي تعود إلى العصور النيوليثية والحجرية في إنكلترا. ترجع نظريات مختلفة تشييد الصخور إلى ما بين 3000–2000 عام ق.م. ظهرت تفسيرات مختلفة لهذا البناء الغريب، فمنها ما يقول بأنه بني من أجل طقوس وثنية، أو كموقع دفن، أو لإجراء دراسات فلكية أو أن له علاقة بمخلوقات من العالم الخارجي.



الأحجار الكريمة

تدعى المركبات المعدنية التي تقطع وتصقل لصنع الحلي بالجواهر. بدأ تصنيف الجواهر على يد الإغريق القدماء الذين فرقوا بين الأحجار الكريمة والأحجار شبه الكريمة. تبعت معظم الثقافات نموذجاً مشابهاً إلى حد ما بحسب ندرة ومظهر ولون ولمعة الجواهر. يعد علم الجواهر الحديث كلاً من الماس والياقوت والصفير والزمرد من الأحجار الكريمة، أما ما عداها من جواهر فهي أحجار شبه كريمة.

الماس

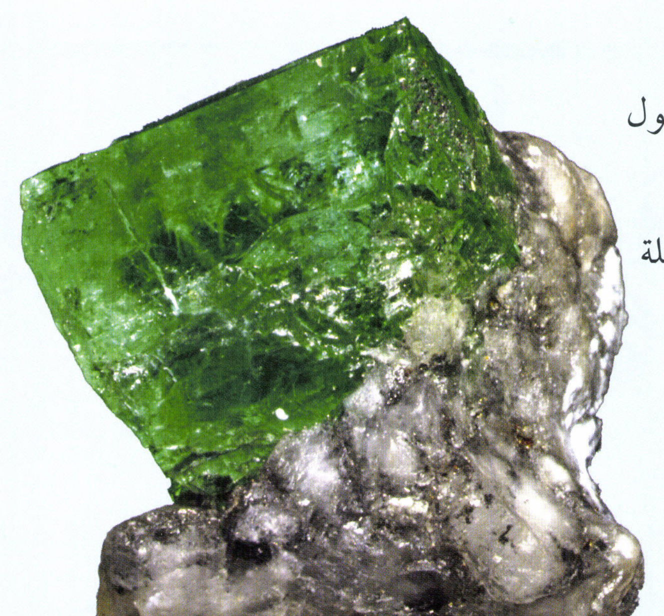
اشتقت كلمة الماس diamond من كلمة أداماس اليونانية وتعني "الذي لا يمكن قهره"، وهذا أفضل توصيف لهذا الحجر القاسي الشديد اللمعان الذي لا يصيبه البلى، والمصنوع من الكربون. تشكل معظم الماس عميقاً في باطن الأرض. حين بدأت الأرض بالتبرد اندفعت سيول الصهارة الحاملة لبلورات الماس نحو الأعلى وتصلبت في الأنفاق البركانية. وحين تعرت وانهارت الطبقات العليا جرفت بلورات الماس في الأنهار وقيعان البحار.

الياقوت

اشتقت كلمة الياقوت ruby من اللاتينية وتعني الأحمر. يوجد الياقوت بمختلف مشتقات اللون الأحمر بدأً من الوردي وحتى الأحمر الدموي. وهو يستخرج اليوم بشكل رئيس في بورما. من النادر العثور على ياقوتة خالية من الشوائب، وإن وجدت فهي أعلى قيمة من الماس. تزن أكبر ياقوتة في العالم 8184 غرام، ويمتلكها جواهري صيني.

الصفير

يلي الصفير الماس في قساوته، وهذا هو سبب وجود مخزونات منه بعد أن تعرى ما يحيط به من غرانيت ورخام. يمكن العثور على الصفير بين حصى الجواهر في بورما وتايلاند وأستراليا وأميركا الشمالية والبرازيل وكشمير وإفريقية. كان للصفير اعتباره بين العائلات المالكة كتعويذة ضد الأذيات والحسد.



الزمرد

ارتبط الزمرد منذ القدم بكوكب عطارد، الذي كان يعد رسول الآلهة، لذا كان ينظر إله كحجر الحماية للمسافر. يحصل الزمرد على لونه الأخضر من آثار الكروم والفاناديوم الداخلة في تركيبه، ولكن من النادر أن يعثر عليه نقياً من الشوائب. وككل الأحجار الكريمة يتم تقييمه بحسب صفائه ولونه وقطعه وبلراته. تطلى معظم أحجار الزمرد بزيت الأرز لتحسين صفائها. أكبر منتج للزمرد هي كولومبيا وتليها زامبيا.

الجَمَشت

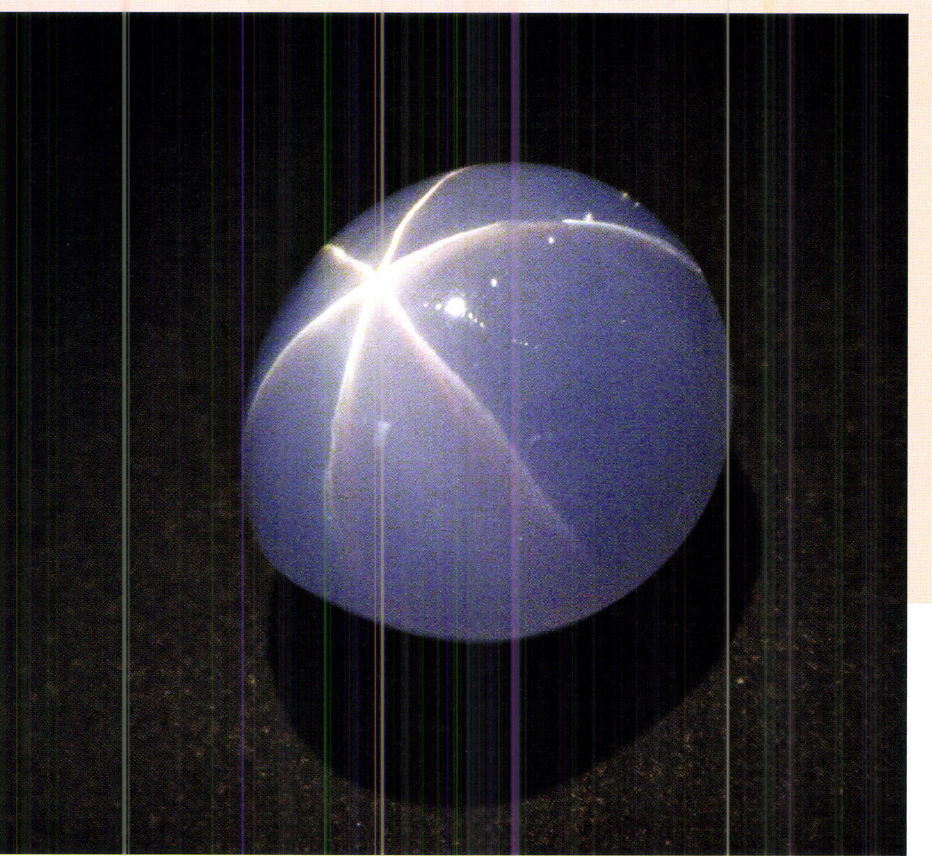
كان يعد في السابق حجراً كريماً، ولكن اكتشاف كميات كبيرة منه في البرازيل وأجزاء أخرى من أميركا الجنوبية قلل من قيمته إلى حجر شبه كريم. كان الجمشت يرتبط منذ القدم بالروحانيات والسعادة لذا فقد استخدم كحلي زينة وقلادات. استخدمه قدماء المصريين في ممارساتهم الدينية، وكان الصينيون يعتقدون أن يحسن من فرصهم في الفوز في المرافعات القضائية. يستخرج الجمشت في إفريقية، لاسيما زامبيا، وفي أستراليا.

حقائق مهمة

- حين يسخن الزمرد فإنه يتعرق وينضحُ ماءً. ويعتقد أيضاً أنه يقوي العينين والقلب وجهاز المناعة والجهاز العصبي.
- كان الإغريق القدماء يعتقدون أن التوباز يعطي صاحبه قوة هائلة وحتى القدرة على أن يصبح خفياً إذا شاء.

مجوهرات شهيرة

فتنت الجواهر الناس منذ أقدم عصور التاريخ. وقد ارتبطت الجواهر بالأساطير والخرافات وبالقدر والموت. وقد سميت كأحجار مولد بالنسبة لأشهر محددة لكل منها، وارتديت كتعاويذ جالبة للحظ واعتقد أن لها القدرة على تغيير قدر الإنسان. وحيكت هذه الارتباطات بتاريخ وجغرافية وثقافة كل منطقة. تصنع اليوم شبيهات هذه المجوهرات كنسخ مقلدة.



نجمة الهند

وهي جوهرة من الصفيرة ذات 563.35 قيراط ويعود تاريخها إلى مليارى عام. اكتشفت في سريلانكا قبل 300 عام، وهي أكبر وأشهر حجر صفير في العالم. ما يزال العثور على أحجار صفير ممتازة بين الرسوبات الرملية والحصوية للأنهار القديمة. ترقد نجمة الهند منذ سنة 1900 في متحف نيويورك للتاريخ الطبيعي.

حقائق مهمة

- الياقوت هو ثاني أقسى مركب معدني بعد الماس، ويمكن أن يكون عتيماً أو شفانياً أو شفافاً حيث تشتق ألوانه من محتواه من الكروم والحديد.
- تعد ياقوتة غرينلاند إحدى أكبر جواهر الياقوت غير المصقول في العالم. تزن بلورة الروبي الطبيعية الفريدة 8.2 رطل (4 كغ).

نجمة كوينزلاند السوداء

وهي حجر صفير عثر عليها عامل منجم أسترالي. وقد تجاهلها في البداية ظناً منه أنها كانت صخرة عادية، ولكنه اكتشف بعد تسعة سنوات أن لديه جوهرة ثمينة. هذا الحجر بحجم الكف ذو لون أسود فريد، وكان صاحبها يستخدمها كمسند للباب قبل أن يبيعها ويكسب منها ثروة صغيرة. في سنة 1947 اشتراها صائغ أرمني، وبعد تفكير شهرين قطعها إلى نجمة سداسية الحواف.

زمردة المغول

وهي إحدى أكبر زمردات العالم وتزن 217.80 قيراط. وقد زينت هذه الصفيحة المستطيلة بارتفاع 10 سم بنقوش إسلامية في أحد وجوهها، وزخارف زهرية على الوجه الآخر. اكتشفت هذه الدرة في كولومبيا، وانتقلت إلى الهند عن طريق التجارة أثناء الحكم المغولي للبلاد. عرضت في سنة 2001 في مزاد كريستي في لندن، فجلبت سعراً وصل إلى 2.2 مليون دولار.

نجمة آسيا

وهي حجر صفير أزرق يزن 330 قيراط ويلي في المرتبة نجمة الهند. الحجر ذو لون أزرق جميل يميل إلى البنفسجي تشع منه ستة نجوم مركزية. أصل الحجر من بورما، وقد تم قطعه على يد فنان مجهول. وكان أقدم مالك معروف لهذا الحجر هو مهراجا جودبور. يستقر الحجر اليوم في متحف سميثسونيان الوطني للتاريخ الطبيعي في العاصمة الأميركية واشنطن.

الياقوت

استخرج الياقوت من مناجم موغوك في بورما منذ عصور ما قبل التاريخ. وكانت هذه المنطقة حتى زمن قريب تنتج 90٪ من ياقوت العالم. من أكبر وأنقى أحجار الياقوت التي خرجت من هذه المناجم كانت ياقوتة مندلاي التي تزن 23.1 قيراط، وتوجد اليوم في متحف سميثسونيان الوطني للتاريخ الطبيعي.



الأحجار شبه الكريمة

علم الجواهر هو فرع من علم المجوهرات ويبحث في الجواهر والأحجار الكريمة الطبيعية والصنعية. بعد تصنيف مبدئي مستند إلى التركيب الكيميائي تصنف الجواهر إلى عدة مجموعات وأنواع. يدعى مركب الكورندم المعدني في أي من ألوانه الحمراء الياقوت، وفي ألوانه الزرقاء الصفير. وبالإضافة إلى المركبات المعدنية فإن عدداً من المواد العضوية كالعنبر والكهرمان تعتبر من الجواهر الداخلة في صناعة الحلي.

العقيق الأحمر

اشتق الاسم الإنكليزي لهذا الحجر غارنيت garnet من كلمة غراناتوس اللاتينية وتعني "الحبة"، وقد عرف منذ القدم بحجر المحاربين. كان الجنود من مختلف أنحاء العالم القديم يضعون أو يحملون هذا الحجر كتعويذة ضد الأذى والموت. ويقال أن إهداء العقيق الأحمر يضمن الولاء والتعاطف. وكانت من الجواهر المطلوبة في صنع الحلي لدى المصريين والإغريق والرومان القدماء. ومع الإقبال على طلبها إلا أن العقيق الأحمر سعره معقول بسبب توفره في العالم.

اليَشَب

استخدم الإنسان اليشب منذ أكثر من 6000 عام بسبب قساوته والقدرة على نحته وتحويله إلى سلاح حاد. كان اليشب معروفاً بقدراته الشفائية، وكان الصينيون يكنون له احتراماً كبيراً بسبب جماله وقدرته على الحماية. عندما نذكر اليشب يخطر في بالنا اللون الأخضر، ولكن يمكن أن يوجد اليشب بلون أسود وبني وأصفر وأزرق وأحمر وحتى برتقالي وأبيض.

الجَزْع



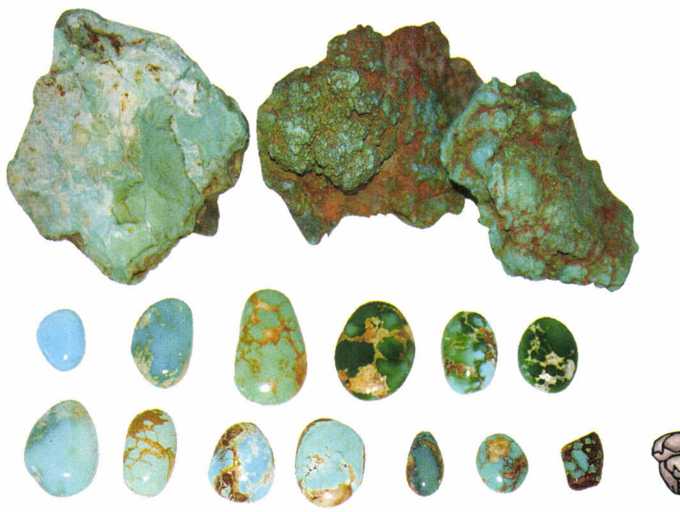
الجزع أو العقيق اليماني هو حجر مخطط بصفوف متوازية وملونة. استخدمه الإغريق والرومان قديماً في صنع القدور والحلي لاسيما الخرز. كما صنع الرومان منه أختاماً. يوجد الجزع في مختلف أنحاء العالم ولكن أكبر بلد منتج له هو البرازيل. وقد زاد الطلب عليه مؤخراً بسبب خاصيته الشفانية حيث يستعمل في الزخرفة الداخلية.

التوباز

التوباز من المركبات المعدنية المعروفة، ويوجد على شكل بلورات كبيرة وجميلة الألوان. له لون أصفر جميل إلى برتقالي مائل إلى لون الدراق. يستخرج معظم التوباز من البرازيل التي تحوي على بلورات كبيرة في ولاية ميناس جيرايس. ويستخرج التوباز الأزرق من جبال الأورال في روسيا. وقد أدت قساوته الجيدة وتنوعه اللوني وتوفره إلى جعله من أكثر الجواهر المطلوبة في صناعة الحلي منذ أقدم العصور.

الفيروز

أطلق الفرنسيون على الفيروز اسم "التركواز" لأن مخزونه الوحيد كان يأتي من تركيا في القرن السادس عشر. يقيّم هذا المركب المعدني الأزرق المائل للخضرة كأحد الجواهر، وكان المصريون يعتبرونه حجر الحياة. كان للفيروز مكانة عالية في التيبت وكان يستخدم كعملة. كانت إيران مصدراً مهماً للفيروز لأكثر من ألفي عام، ويستدل على ذلك من فن العمارة الفارسي الذي يستخدم الفيروز في زخرفة القباب والمآذن وأعمال الترصيع.



حقائق مهمة

- يوجد عقيق أحمر ينافس الياقوت لوناً في ولاية أريزونا الأميركية حيث يجلبه النمل إلى سطح الأرض، لذا يطلق عليه عقيق تلال النمل.
- اكتشفت أقدم الحلي الحاوية على الفيروز وهي أساور كانت ترتديها مومياء الملكة زار التي حكمت مصر حوالي سنة 5500 ق.م.

الماس

الكربون هو أكثر العناصر انتشاراً على الأرض، وهو أحد أهم أربعة عناصر ضرورية لبقائنا. يوجد في الطبيعة على شكل ماس وغرافيت وفولريت. تشكل الماس عميقاً تحت القشرة الأرضية على مدى ملايين ومليارات السنين. وقد جلبته قريباً من السطح الصهارة التي تصلبت في أنفاق كمبرلي أثناء جريانها إلى سطح الأرض.

▲ رجل يقطع ويشكل ماسة

قطع الماس

تستخدم أربع طرائق لقطع وتشكيل الماس. تقطع عملية الشق أو الفسخ الماسة الخام على طول أضعف سطوحها بتثبيتها إلى قالب شمعي أو إسمنتي. وتجري عملية النشر باليد باستخدام شفرة من البرونز المفسفر حين لا يوجد سطح ضعيف يمكن الشق من خلاله. ويوجد عمليتان للطرق باليد أو القطع بالآلة لإعطاء الماسة شكلها. يستخدم القاطع ماسات أخرى لقطع الماس. ويجري الصقل النهائي باستخدام مسحوق ماسي خشن.

تقييم الماس

توجد أربعة مواصفات يستند إليها في تقييم الماس: القطع cut وهو الشكل الهندسي النهائي للماسة، والصفاء أو النقاء clarity وهو يقيس الماس من كونه عديم الشوائب إلى محتوٍ على شوائب، والقيراط carat وهو وزن الماسة حيث يساوي القيراط الواحد 200 ملغ، وأخيراً لون الماسة color وبحسب اللون يتدرج الماس من المرتبة D وهو اللون الأبيض الثلجي، ويمثل أعلى الماس الشفاف سعراً، إلى Z وهو اللون الأصفر الفاتح.

الماس الصنعي

توجد أربعة بدائل للماس لمن ليس لديه القدرة على شراء الأصل. يمكن للمستهلكين اليوم أن يختاروا من المواسانيت، وهي جوهرة نادرة تحوي على كل خصائص الماس الأصلي أو المصنوع مخبرياً. تصنع المختبرات كربوناً نقياً تحت درجة حرارة وضغط عاليين لصنع ماس صنعي أو تركيبي يكون في بعض الأحيان أكثر إشراقاً من الماس الأصلي. حتى بائعو المجوهرات يجدون صعوبة في التمييز بين الاثنين.



▲ خاتم من المواسانيت

القيراط

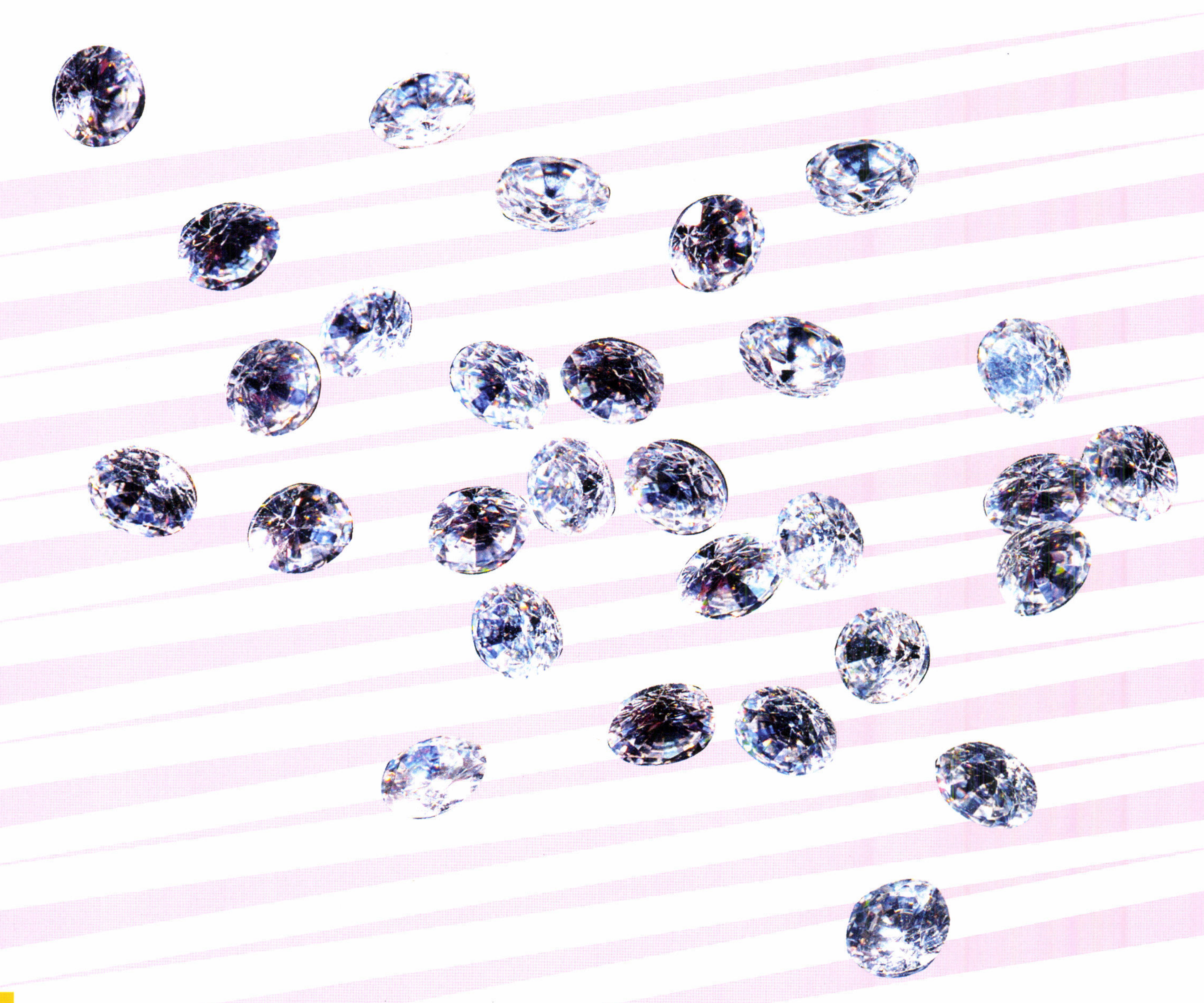
القيراط (200 ميليغرام) هو وحدة وزن للماس والأحجار الكريمة الأخرى. كما يعد وحدة نقاء بالنسبة للذهب. نشأ أصل الكلمة من عملة ألمانية قديمة من الذهب الخالص كانت تتداول قبل ألف عام. يقيم الذهب الخالص بكونه من عيار 24 قيراط، ولكنه في هذه الحال يكون أطرى من أن يصلح لصنع الحلي. حين تقدر قطعة من الحلي الذهبية بأنها 22 قيراط فهذا يعني أنها تحوي 22 جزءاً من الذهب مقابل جزئين من النحاس أو الفضة.

صناعة الماس في الهند

عرفت الهند منذ قديم العصور بماساتها الجميلة والكبيرة. تقع مناجم الماس الوحيدة في الهند اليوم في دهاروار في جنوب الهند وفي باستار وبندلخاند في وسط الهند. أدت مهارة الحرفيين ورخص اليد العاملة إلى جعل الهند بلداً رائداً في صناعة قطع وصقل الماس. تعد ولاية غوجارات المركز الصناعي الرئيس للماس، ومدينة مومباي هي المركز التجاري الرئيس للماس.

حقائق مهمة

- تبلر الماس قبل 3.3 مليار عام. ويعود أقدم سجل مدون عن الماس إلى حوالي سنة 500 ق. م.
- حتى القرن الثامن عشر كانت مناجم الماس الوحيدة موجودة في الهند. ويستخدم اليوم 80٪ من الماس المستخرج لأغراض صناعية.



ماسات شهيرة

يقيّم الماس لتألقه الساطع ووميضه اللامع. معظم ماسات العالم الشهيرة هي ماسات كبيرة تزن حتى آلاف القراريط. يمكن قطع هذه الماسات وإعادة صياغتها عدة مرات، وتساهم كل من هذه المراحل في تاريخها الغني. ولكن لمعظمها جانبها المظلم. فقد أدت السرقات وجرائم القتل وحتى الحروب إلى جعل هذه الماسات من أكثر الجواهر المنشودة في كل العصور.

ماسة الأمل

تعد ماسة الأمل من أشهر ماسات العالم، وتعرض في متحف التاريخ الطبيعي في العاصمة الأميركية واشنطن. يعود أصل هذه الماسة ذات 45.52 قيراط إلى مناجم كولور في الهند أثناء القرن السابع عشر. اشتريت هذه الماسة وبيعت وسرقت عدة مرات قبل أن يشتريها ملك فرنسا لويس الرابع عشر سنة 1668. سرقت أثناء الثورة الفرنسية، وأعيد قطعها، ثم بيعت في إنكلترا في سنة 1958 وجدت هذه الماسة مقراً لها في الولايات المتحدة.

كوهينور

ذكرت لأول مرة في مذكرات السلطان بابر، مؤسس الإمبراطورية المغولية في الهند. ثم قدمها راجا غواليور هديةً إلى الإمبراطور همايون. ثم منحت إلى راجا ملوى، وأخذها منه علاء الدين خليجي. سماها نادر شاه كوهينور أو جبل الضياء حين اجتاح الهند سنة 1304. استولى عليها البريطانيون أخيراً وأصبحت جزأً من جواهر التاج البريطاني.



ماسة يعقوب

تعد سابع أكبر ماسة في العالم وكان يملكها نظام (أمير) حيدر أباد قبل أن تشتريها الحكومة الهندية. قطعت هذه الماسة ذات 184.5 قيراط والأوجه المتعامدة في أوربا واشتراها نظام في سنة 1891. ولكنه لم يعطها حق قدرها واستخدمها كمثقلة ورق بعد أن وجدها في حذاء والده. توجد اليوم في المصرف الاحتياطي الهندي في مومباي ضمن مجموعة جواهر الأمراء.



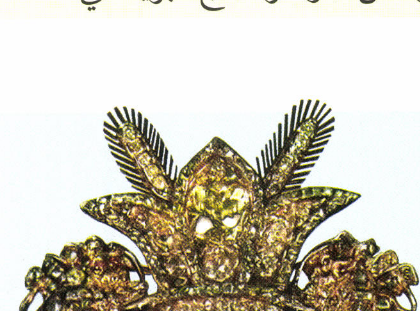
- كان الناس يتزينون بالماس في العصور القديمة تعبيراً عن القوة والشجاعة.
- تعود أولى السجلات الدالة على استخدام الماس إلى الصين القديمة حيث استخدمها الصينيون لصقل فؤوس الدفن التشريفية في أواخر العصر الحجري.



كولينان

وجدت ماسة كولينان في جنوب إفريقية سنة 1905، وكانت أكبر ماسة يعثر عليها. قدمت إلى ملك إنكلترا إدوارد السابع، فقام بقطع ماسة كولينان الأول أو نجمة إفريقية العظمى ذات 530 قيراط إلى ثمانية ماسات رئيسة. رصعت هذه الماسة الكمثرية الشكل في رأس صولجان الصليب وهو جزء من جواهر التاج البريطاني.

داريانور



تعني داريانور بالفارسية "بحر الضياء"، وهي إحدى أكبر الماسات المقطوعة في العالم. ويعتقد أنها كانت جزءاً من ماسة وردية كبيرة كانت تزين عرش الإمبراطور المغولي شاه جهان. وجدت في مناجم غولكوندا في الهند، وكانت جزءاً من ممتلكات المغول إلى أن اجتاح نادر شاه الهند وأخذها معه إلى إيران. للماسة لون وردي نادر، وتزن 182 قيراط، وهي محفوظة في البنك المركزي في طهران.

استخدام المركبات المعدنية

الكثير من الموارد الطبيعية في العالم هي مركبات معدنية. تدخل المركبات المعدنية في تركيب وتشكيل الكثير من الأشياء في حياتنا اليومية مما لا يخطر على بالنا، بدأً من بناء الطرق والمباني إلى الأغذية والأدوية التي نستهلكها. من حوالي 4900 نوع من المركبات المعدنية المعروفة بعضها أساسي وبعضها مطلوب بكميات قليلة. وبالإضافة إلى المركبات المعدنية ذات القيمة التجارية والمعروفة باسم المركبات المعدنية الصناعية هناك حوالي 20 مركباً لها قيمة كبيرة كجواهر.

المركبات المعدنية في الغذاء

من الضروري أن نتعرف إلى المركبات المعدنية التي نحصل عليها من الأطعمة المختلفة لكي يكون غذاؤنا متوازناً. الخضار الورقية الخضراء غنية بالكالسيوم والحديد والمعادن الأخرى. وتزودنا البقوليات بالبوتاسيوم والزنك المطلوبين للحفاظ على مناعة الجسم وصحة الجهاز العصبي. وتوفر لنا الأسماك واللحوم الكالسيوم والحديد والبوتاسيوم ومركبات معدنية أخرى. كذلك يزودنا البيض والفول والفواكه المجففة والقمح الكامل والثمار بالمركبات المعدنية التي يحتاجها جسمنا.



▲ الخضار مصادر غنية بالمركبات المعدنية المهمة.

المركبات المعدنية في الأدوية

اكتشفت سجلات قديمة عن استعمال المركبات المعدنية في الطب في مختلف الحضارات القديمة مثل مصر وبابل والهند والصين واليونان وروما. وتبين سجلات استخدام النحاس والذهب والفضة. يستخدم الطب الحديث أقراص الكالسيوم وعلاجات تحوي على المغنيزيوم والحديد والفوسفور. يستخدم الفلور في صنع معاجين الأسنان. وتستخدم نظائر الباريوم والسيزيوم في علاج مختلف الأورام السرطانية ومختلف المستلزمات اليومية، ويستخدم الزئبق في صنع موازين الحرارة.



▲ تحوي الكثير من الأدوية على المركبات المعدنية الأساسية.

المركبات المعدنية في أجسامنا

تساعد المركبات المعدنية الجسم على النمو والتطور والبقاء سليماً. يحتاج كل إنسان إلى كميات محددة من المعادن. تساعد بعض هذه المعادن على بناء الهرمونات أو الحفاظ على انتظام النبض. وأهم هذه المركبات هي مجموعة المعادن الكبرى أو الأساسية كالكالسيوم والفوسفور والمغنيزيوم والصوديوم والبوتاسيوم والكلور والكبريت. بعض المعادن يحتاجها الجسم بكميات قليلة كالحديد والمنغنيز والنحاس واليود والزنك والكوبالت والفلور والسيلينيوم.

المركبات المعدنية في مواد التجميل

استخدمت المواد المعدنية منذ القدم لتحسين مظهر الإنسان. استخدم الإثمد، وهو معدن طري جداً، لتكحيل العيون. ويستخدم غضار الكاولين الحاوي على سيليكات الألومنيوم وتتدرج ألوانه من الأبيض إلى الأحمر في صنع العديد من المستحضرات التي تحسن من مظهر البشرة. أكسيدات الحديد غير سامة لذا فهي تستخدم في صنع أحمر الخدود وظل العينين وأساس المساحيق التجميلية. وتضفي بودرة الميكا أثراً على أحمر الشفاه وظل العينين والمستحضرات الأخرى.



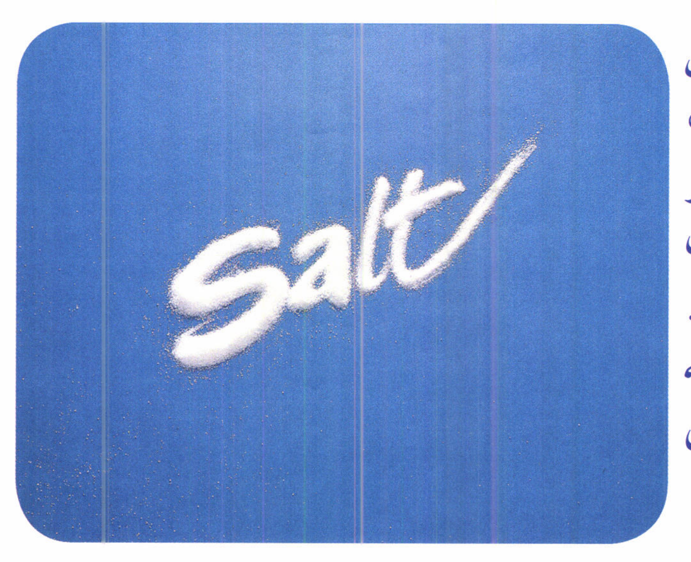
المركبات المعدنية في الطب الهندي

أدرك ممارسو الطب الهندي منذ زمن بعيد فوائد بعض المركبات المعدنية وتعلموا كيفية تسخيرها لصنع الأدوية. فالشيلاجيت الذي يستخدم كشراب مقوٍ للدماغ والجسم هو مركب معدني يرشح من صخور معينة في جبال الهملايا. ويستخدم الإثمد النقي لإرقاء الجروح والفواق والإقياء. ويستخدم في أحد أشكاله لعلاج السد البصري.

حقائق مهمة

- استخدمت مركبات البورات المعدنية لآلاف السنين في التيبت والصين وبلاد فارس وإيطاليا في صنع العقاقير والزجاج والسيراميك والمنظفات.
- الغرانديديريت مركب معدني نادر ذو لون اخضر مزرق يوجد حصرياً في مدغشقر. ولكن استخرجت عينات نقية منه في سريلانكا.

الملح



الملح هو المركب المعدني الوحيد الذي يتناوله الناس في طعامهم بشكل مباشر. وهو أهم مركب طبيعي، وقد أدرك الإنسان والحيوان فوائده منذ فجر الحضارات وما قبلها. وقديماً كان الجنود الرومان يقبضون أجورهم ملحاً بسبب ارتفاع قيمته آنذاك. الملح ضروري للحفاظ على عمل أجسامنا، وله أهمية عظمى في حفظ الطعام ويستخدم على نطاق واسع في عمليات التخمير وصناعة الأجبان.

الملح البحري

من المعروف أننا نحصل على الملح من ماء البحر. ولكن العملية معقدة بعض الشيء. تمتزج الشظايا والفتات الناتجة عن التعرية والتي تجلبها الأنهار إلى أسفل مجراها مع المواد البركانية التي يلفظها قاع البحر. تستهلك المتعضيات البحرية والغضار المركبات المعدنية الناتجة عن الرسوبات السابقة فلا يبقى إلا الصوديوم والكلور. وحين يصبح ماء البحر مركزاً فإنه يخلف طبقة صلبة على السواحل على شكل مركب معدني يدعى الهاليت أو الملح المعروف.

▼ صبيان يجمعان الملح البحري



التحركات الملحية البنائية

الهاليت مركب معدني ضعيف فيزيائياً وهو ينحل حتى تحت درجات ضغط ونداوة متوسطين وينساب كنهر جليدي. وبالإضافة إلى دفقه نحو أسفل المجرى كالأنهار الجليدية وكما يحدث في جبال زاغروس الجافة في إيران، يمكنه أيضاً أن يصعد فوق الطبقات الصخرية الجاثمة عليه ويشكل قباباً كما يحدث في الجنوب الأوسط الأميركي. وهكذا تتشكل الأحواض الملحية العظمى في الأحواض السهلية والجبلية كالبحيرة الملحية العظمى في ولاية يوتا الأميركية.

الملح فوق مستوى البحر

لاحظ الجيولوجيون أنه خلال معظم تاريخ الأرض كان مستوى البحر أعلى مما هو عليه اليوم بقرابة 200 متر. وقد جفت البحار الضحلة التي كانت تغطي الكتل القارية قبل ملايين السنين مخلفةً وراءها مركبات الهاليت المعدنية. وبسرعة تغطت هذه المركبات برسوبات الحجر الجيري أو الطفل الصفحي. وتستخرج مثل هذه المخزونات من جنوب بولندا منذ عدة قرون.

الطعام

يتناول الإنسان والحيوان الملح كأحد المغذيات الأساسية. يمكن للإنسان ان يبقى بدون طعام لفترات مختلفة، ولكن بدون ملح أو ماء ستموت الخلايا الحية نتيجة لجفافها. ومنذ أن بدأ الإنسان يستقر كمزارع أصبح الملح يستخدم كمادة حافظة في جميع أنحاء العالم. منذ بدايات القرن العشرين أصبح منتجو الملح يضيفون إليه اليود لمنع الأمراض الناجمة عن نقص اليود في الجسم.

استخداماته الأخرى

يستخدم الملح لضبط مستويات الكلور في برك المياه الملحية. تؤدي ترسيبات الكالسيوم والمغنيزيوم إلى التسبب في حدوث الماء الثقيل الذي يسبب جهداً في الغسالات، ويقلل من القدرة التنظيفية لمساحيق الغسيل. يستخدم الملح لإزالة رسوبات الكالسيوم والمغنيزيوم من المياه المنزلية وجعلها أخف. كما يستخدم في تخفيف آلام الأقدام أو الأجسام المتوعكة إضافة إلى استخدامه في مختلف التطبيقات الطبية. ولكن أوسع استخدام للملح اليوم هي لإذابة الجليد من الطرقات من أجل سلامة الناس والسيارات.



حقائق مهمة

- نمت المستوطنات في العصر النيوليثي حول الينابيع الملحية، ونقلت القوافل الملح عبر الصحارى لمبادلته بالذهب.
- قاد المهاتما غاندي مسيرة داندي الشهيرة احتجاجاً على فرض السلطات البريطانية ضريبة على الملح الذي كان من المواد الأساسية للفقراء.

الرخام

كان الرخام دائماً الوسيط المفضل لأعمال النحت عند الإغريق والرومان. وقد أصبح رمزاً للثقافات العليا والذوق الرفيع. يوجد الرخام في مختلف البلدان، ولكن أكثر الدول إنتاجاً له هي إيطاليا والهند والصين وإسبانيا. يوجد حوالي 20 نوعاً من الرخام بألوان مختلفة تتدرج من الأبيض إلى الوردي إلى الأخضر إلى الأسود.

تركيب الرخام

يتألف الرخام بشكل رئيس من مركب الكالسيت ويحوي على مركبات معدنية أخرى كالغضار والميكا والكوارتز والبيريت وأكسيدات الحديد والغرافيت. وحين يتعرض الرخام لحرارة وضغط شديدين فإن الكالسيت يعاد تبلره ليشكل بلورات الكالسيت. ينتج الرخام الأبيض النقي متحولاً من الحجر الجيري أو الدولوميت النقيين. وتنتج ألوانه المختلفة عن وجود الغضار والغرين والرمل وأكسيدات الحديد ومركبات معدنية أخرى.

خواص الرخام

تبلغ قساوة الرخام مقدار ثلاثة على مقياس موهز، ومن السهل نحته إلى تماثيل وأغراض زينية. تؤدي شفانيته إلى جعله مطلوباً في الكثير من أنواع النحت. يمكن أيضاً صقله إلى لمعة عالية ليستخدم في الآجر واللوحات والأعمدة والقطع الزخرفية. كما يستخدم كمادة احتكاكية قليلة القساوة لاستخدامه في تنظيف الحمامات والمرافق المطبخية.

وجوده وفوائده

استخراج الرخام عملية اقتصادية مربحة لأنه يوجد على شكل طبقات ثخينة تبلغ مئات الأقدام، وتغطي مساحات واسعة. يقطع الرخام إلى كتل مختلفة الأحجام لاستخدامه في تشييد النصب والأبنية والمنحوتات والنقوش. يسحق الرخام ويستعمل مضافاً إلى مواد اخرى لفرش طرق السكك الحديدية، وبناء أساسات المباني وأعمال البناء الأخرى. تعد ولاية راجستان الرائدة في إنتاج الرخام في الهند، ومدينة ماندي هي مركز العمل به.

حقائق مهمة

- يعد تمثال الشفقة الذي نحته مايكل أنجلو أحد أروع التماثيل الرخامية في العالم، وهو يمثل مريم العذراء تحضن جسد المسيح.
- يعد تمثال فينوس من أجمل نماذج فن النحت لدى الإغريق. صنع التمثال بين سنوات 130-100 ق.م. وهو معروض بشكل دائم في متحف اللوفر.

▼ مقلع رخام

ألوان الرخام

للرخام ألوان مختلفة. يحوي الحجر الجيري على شوائب فالمركبات المعدنية الغضارية وأكسيدات الحديد يمكن أن تكون زرقاء أو رمادية أو وردية أو صفراء أو سوداء. الرخام الحاوي على نسبة عالية من المغنيزيوم يميل لونه إلى الأخضر. يمكن أن يكون لون الرخام موحداً أو تظهر عليه التخطيطات من اللون نفسه أو من لون مخالف.

أبنية شهيرة

إضافةً إلى تاج محل الشهير تحوي الهند على مبنى فكتوريا التذكاري في كولكاتا وهو قصر من الرخام من القرن التاسع عشر بناه الراجا راجندرا موليك، وهو تاجر ثري، ومبنى جاسوانت تهادا في جودبور، وأبنية وحدائق أخرى كثيرة. بنيت مقبرة بيبي وهي نسخة مصغرة من تاج محل لزوجة الإمبراطور أورانغزد برخام جلب من جودبور. كما بنيت الحمامات الرخامية البيضاء في القلعة الحمراء ومباني مغولية أخرى لتشهد على حياة الترف التي كان يعيشها المغول.

▼ بني تاج محل في الهند كلياً من الرخام الأبيض

معادن خطرة

قد تكون الحجارة جميلة ومفيدة، ولكنها يمكن أن تشكل خطراً إذا كانت تحوي على مركبات معدنية ضارة. يمكن لبعض هذه المركبات أن تكون ضارة بحد ذاتها، ولكن معظمها يصبح خطراً إذا اتحد مع عناصر أو مركبات أخرى. تعد هواية جمع الصخور من الهوايات المعروفة، ولكن على ممارسيها أن يتوخوا الحذر من تلك المركبات المعدنية التي يمكن أن تكون مشعة أو سامة أو مسرطنة. بعض المركبات المعدنية كالزنجفر تطلق غازات سامة عندما تسخن، بينما يمكن لمركبات أخرى كالغالينا أن تتراكم بسهولة في جسم الإنسان.

الزنجفر



الزنجفر هو المصدر الرئيس للزئبق، وحين يتأكسد فإنه يشكل نوعين من المركبات السامة للإنسان. يمكن لهذه المركبات أن تسبب اضطرابات متزايدة في الأعصاب وقد تقتل إن أخذت بجرعات عالية. يوجد الزئبق بأشكال مختلفة ومن السهل أن يتسرب إلى البيئة المائية حيث يتحول إلى ميثيل الزئبق. تدخل هذه المادة إلى السلسلة الغذائية بطريقة تدعى التوسع العضوي تشكل خطراً أكبر على الأطفال الذين يمكن أن يتناولوها عن طريق الفم أو الاستنشاق.

الأسبستوس



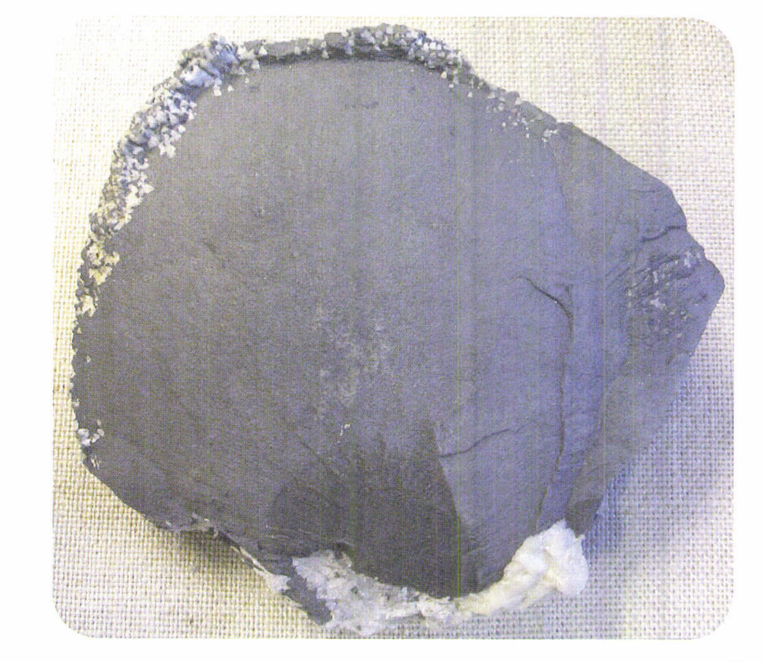
الأسبستوس مسرطن معروف وأحد أكثر المركبات العضوية ضرراً على الكوكب. يؤدي استنشاق ألياف الأسبستوس إلى حدوث تخرشات في النسيج الرئوي مما يعيق التنفس الطبيعي ويحرم الجسم من الأكسجين. ومع تطور المرض فإنه يتحول مع الزمن إلى سرطان الرئة. يتعرض عمال المناجم وعمال تركيب العوازل بشكل مستمر لغبار الأسبستوس حين يستنشقوه، فيؤدي ذلك إلى تصلب أنسجة رئاتهم وفقدانها لمرونتها. يعود استخدام الأسبستوس إلى أكثر من 4.500 عام وكان يستعمل على نطاق واسع حتى منتصف القرن العشرين، ولكن الكثير من الدول قد حظرت أو حددت من استخدامه.

الرادون

الرادون غاز غير مرئي مشع وموجود في الطبيعة وهو عديم الرائحة لذا فإنه ينفذ بسهولة في التربة وشقوق الأبنية من دون أن يكتشف. يتشكل الرادون بشكل طبيعي من التلف الإشعاعي لليورانيوم والثوريوم ويوجد في الصخور والتربة. يمكن لبعض الصخور كالفل الأسود أن تحوي على مستويات عالية من اليورانيوم والثوريوم. من المعروف أنه يوجد في الأماكن الضعيفة التهوية كالمناجم والأقبية تحت الأرض. يؤدي تنفس الهواء الحاوي على نسب عالية من الرادون إلى ازدياد خطر الإصابة بسرطان الرئة. تشمل الأعراض الأولية السعال وخشونة الصوت والصعوبة في التنفس ويمكن أن تؤدي إلى عدوى تنفسية متكررة وأمراض رئوية حادة.

حقائق مهمة

- الأربيمنت هو صخر يحوي على الزرنيخ والكبريت. إن مجرد حمل البلورات باليد يترك مسحوقاً زرنيخياً مسرطناً ومسمماً للأعصاب وذو رائحة ثوم قوية.
- الكولوراديت مركب معدني غريب يطلق أبخرة وغبار مميت إذا سخن أو تفاعل كيميائياً، ويوجد في عروق الصهارة متحداً مع الذهب.



الزرنيخ

كان قدماء الصينيين والإغريق والمصريين ينقبون عن هذا المركب منذ أقدم العصور. ومع استخدام بعض مركبات الزرنيخ طبياً إلا أن الكثير من مركباته سامة. يستخدم الزرنيخ في صنع مبيدات الآفات وزجاج العدسات والحفاظ على الحيوانات المحنطة. يسبب تلوث المياه الجوفية بالزرنيخ مشكلة كبيرة تؤثر على الكثير من سكان العالم. يؤدي ارتفاع مستوى الزرنيخ في الجسم إلى الصداع والإسهال الشديد والنعاس. أما الزيادة المفرطة فيمكن أن تسبب تشنجات في الأمعاء واصطباغ الأظافر وفقدان الشعر والتشنج العضلي وأخيراً الوفاة.

الشلكنتيت

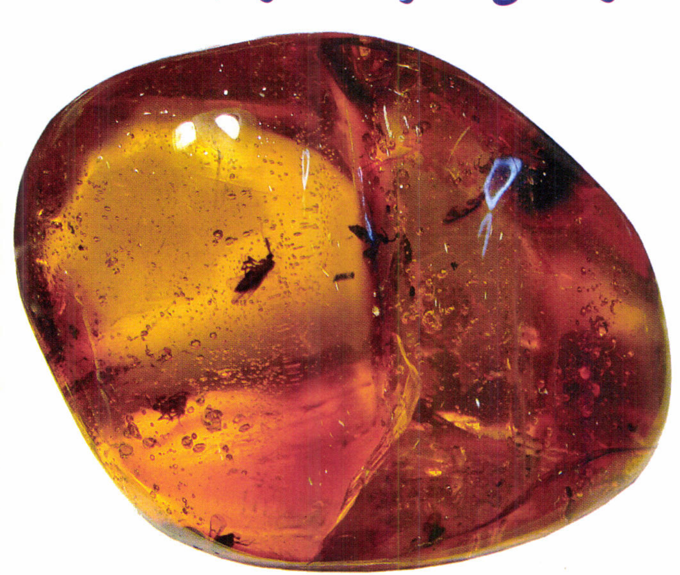
تتألف هذه البلورات من النحاس مضافاً إليه الكبريت والعناصر الأخرى والماء. يمكن لهذه البلورات الجميلة أن تمتص بسهولة في البيئة. يصبح النحاس قابلاً للانحلال في الماء ويمكن أن تتشربه النباتات والحيوانات، فيؤدي إلى إغلاق عمليات الجسم بسرعة وإضعافه وأخيراً قتله. حتى تذوق مقدار ضئيل منه يمكن أن يكون ضاراً بالجسم. وقد عرف عنه أنه يقتل جميع المتعضيات في البرك ويشكل خطراً كبيراً على البيئة.

الأحفورات



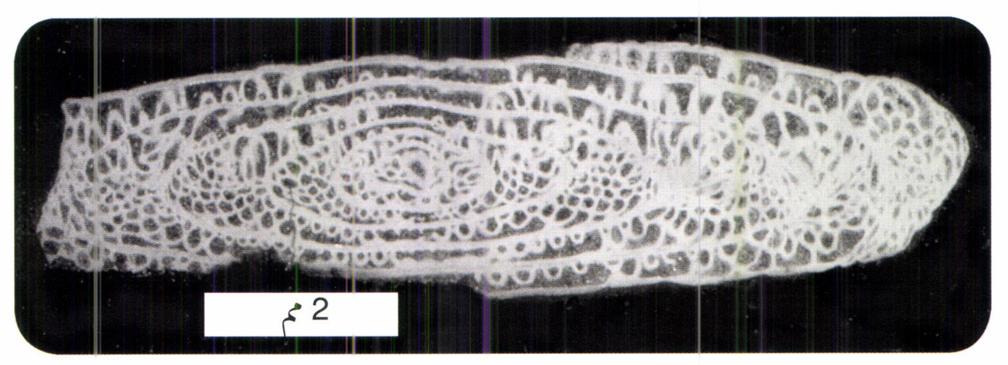
الأحفورات هي الآثار المحفوظة للنباتات والحيوانات في الصخور. يدرس علم الآثار القديمة الأحفورات، ويتضمن ذلك الخط الزمني الجيولوجي، وكيف ومتى تشكلت الأحفورات، ودورها في ظهور الأنواع. في معظم الأحيان لا يتم الحفاظ إلا على الأجزاء القاسية منها كآثار العظام والأسنان والفقرات. النباتات والحيوانات التي تموت وتغوص إلى قاع المحيط تغطى بطبقات من التربة، وتبقى مدفونةً لآلاف السنين، إلى أن تدفعها نحو الأعلى التحركات الأرضية.

الأحفورات الكبرى



هي تلك الأحفورات التي يمكن إمساكها باليد وفحصها بواسطة عدسة تكبير يدوية. من الأحفورات النباتية الكبرى البذور والثمار. الأحفورة التي حفظت لملايين السنين بانطمارها تحت الصخور ستبدأ بالتلف فور تعرضها إلى الهواء. وخاصةً إذا تركت تحت رحمة الغلاف الجوي أو على شاطئ البحر. تصبح الأحفورة مفيدة علمياً إذا عرفت بعض التفاصيل عن ظروفها كالموقع الذي وجدت فيه والطبقات الصخرية التي كانت تحويها.

الأحفورات الصغرى



الراتنجات و الأحفورات الصغرى صغيرة جداً وتحتاج رؤيتها إلى استخدام المجهر، وهي تضم أجزاء من الأحفورات الكبرى. تدعى الأحفورات البالغة الصغر حبوب الطلع والأبواغ بالأحفورات الدقيقة nanofossils. يقدّر الراتنج أو الريزين، ويدعى أيضاً العنبر amber لجماله من أقدم العصور. يتعامل به الناس كجوهرة، ويدخل في تركيب العطورات، ويعتقد أنه يتمتع بقدرات شفائية في الطب القبلي. يوجد راتنج الأشجار المتحجر في الطبقات الصخرية حول العالم. وغالباً ما يحوي على أحفورات الحشرات والنباتات التي علقت في نسغه الدبق وتحجرت معه.

حقائق مهمة

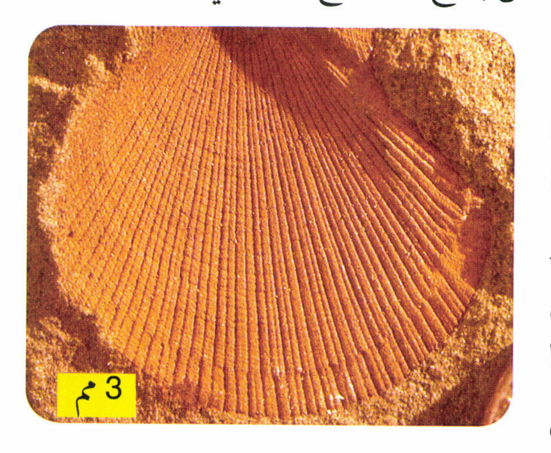
- أقدم الأحفورات المكتشفة حتى الآن هي الطحالب الخضراء المزرقة في جنوب إفريقية. ويعتقد أنها عاشت على بعض الصخور قبل 3.2 مليار عام.
- وجدت في الصين أصغر أحفورة ديناصور، ولا يزيد طولها على 12 بوصة.



▲ أحفورة كائن بحري منقرض يدعى ثلاثي الفصوص

الأحفورات الدليلية

وهي تعطي صورة واضحة عن عمر الصخور التي وجدت فيها. تستخدم هذه الأحفورات لتقدير عمر الرسوبات المشكلة للصخور وتمكن العلماء من فهم البيئة التي كانت سائدة في ذلك الحين. وحيث أن معظم الصخور الحاوية على الأحفورات تشكلت في قاع المحيط فإن الأحفورات الرئيسة من هذا النوع هي أحياء بحرية. ولكن عثر على بعض الأحفورات لأحياء اليابسة كالقوارض الصغيرة في الصخور الفتية ذات الامتداد الجغرافي الواسع. ومن أفضل نماذج هذا النوع هو ثلاثي الفصوص.



أحفورات التعفن والقولبة

وهي الآثار المتشكلة على الطبقة الأولى من الرسوبات التي تترسب فوق المتعضي. فبعد أن يدفن لملايين السنين يتحول الطين والغضار والمواد الفتاتية المغلفة للمتعضي إلى حجارة، وغالباً إلى صخور مسامية خشنة كالحجر الرملي، أما المتعضي نفسه فيتحلل ويتبدد مخلفاً الأثر الذي شكله على الصخر الرسوبي. تبين أحفورات التعفن الصفات الخارجية للمتعضي، أما أحفورات القولبة فتبين الصفات الداخلية للمتعضي. تمكن أحفورات التعفن والقولبة العلماء من إعادة تكوين بنية المتعضي.

أحفورات الآثار



تستخدم أحفورات الآثار لدراسة تحركات الكائنات القديمة من خلال آثار أقدامها أو التحززات التي تدل على امتداد ذيلها أو مخلفاتها من البراز. تتشكل هذه الآثار على الأرض الندية الرطبة، ثم تتصلب قبل أن يطالها التلف. وقد ساعدت أحفورات آثار الديناصورات العلماء على تحديد شكل وحجم ووزن الديناصورات وطريقة انتقالها وحتى السرعة التقريبية التي انتقلت بها. ما ساعدت أحفورات الآثار الصغيرة التي عثر عليها في الصخور الرسوبية البحرية الضحلة على تبيان حركة المتعضيات الأصغر كالحلزون والديدان.

تركيب الصخور

توجد الصخور حولنا، ويستخدمها الإنسان لمختلف الأغراض بدأً من الصخور الكبيرة التي تستخدم في أعمال البناء وحتى اصغر المنحوتات التي نراها في حياتنا اليومية. تقدم الإنسان بدأً من العصر الحجري وعبر العصور التالية في تحسين أدواته الحجرية وإضافة استخدام المعادن والمركبات المعدنية إليها. تدخل الصخور اليوم في تشكيل المباني والطرقات والسكك الحديدية والسدود والآلات والقطع الفنية والحلي وتشكل جزأً لا يتجزأ من حياتنا الحضرية.

حجارة البناء

تحوي المدن اليوم الكثير من المعادن والزجاج في مبانيها، ولكنها بالمقارنة مع الصخور لا تشكل إلا جزأً يسيراً. تشتق مواد البناء من الصخور سواء كانت آجراً من الغضار أو كتلاً صخرية منحوتة من الجلاميد الكبيرة أو قرميد السطح الأردوازي أو الرمل والإسمنت المشكلين للملاط اللاحم بين الصخور. مازلنا نرى في الأحياء القديمة لمعظم المدن منازل قديمة بنيت بكتل ضخمة من الغرانيت والبازلت. وقد استخدمت المعابد الهندية هذه الصخور البيضاء أفضل استخدام كرمز للجاه والعراقة.



▲ معبد صخري في موقع آيهوله بمنطقة كارناتاكا الهندية.

أحجار الطرقات

كانت أولى المواد المستخدمة في بناء الطرق هي الحجارة المرصوفة بتصميم منتظم ومتراص وغطاه بحجارة أصغر. بني أول طريق معبد في العالم في مصر القديمة بين سنوات 2600–2200 ق.م. وكانت الهند تحوي شوارع ممهدة بالآجر في سنة 3000 ق.م. كذلك اكتشفت في مدينة أور الشرق أوسطية طرقاً ممهدة تعود إلى 4000 عام ق.م. ثم تطورت الطرقات المرصوفة بالحصباء في القرن الثامن عشر حين غطي الغرانيت المسحوق بطبقة من الحجارة الخفيفة. أما اليوم فقد زاد استخدام الاسمنت في استقرار وقوة الطرقات.

حقائق مهمة

- يحوي موقع براهماغيري الأثري في منطقة كارناتاكا الهندية على آثار حجرية تدل على كونه الحد الأقصى الجنوبي للإمبراطورية المورية.
- ماتزال الكثير من الأبنية الحجرية التي شيدت قبل 2000 عام قائمةً في مواقعها حيث ازدهرت حضارات قديمة مثل روما واليونان والبيرو وأميركا الوسطى.



▲ طريق ممهد بالحجارة

الجسور

اشتهر الرومان بكونهم أكبر بناة الجسور في العالم القديم، وقد استخدموا مزيجاً من الجير والرمل كملاط بين الصخور البركانية. ما يزال أقدم جسر حجري (يعود لسنة 850 ق.م) مستخدماً كلوح قوسي وحيد فوق نهر ميليس في تركيا. تستخدم الصخور النارية على نطاق واسع كحجارة ردم في بناء أرصفة الموانئ والجدران النهرية والسدود. كذلك لا يزال جسر اركاديكو في اليونان الذي بني في العصر البرونزي يستخدم من قبل السكان المحليين. بني هذا الجسر البالغ طوله 22 متر للوصل بين مدينتين لأهداف التحركات العسكرية.

العصر النيوليثي أو الحجري

تشكلت خلال هذا العصر قرى صغيرة في مختلف بقاع العالم. بنيت هذه القرى مستقلة عن بعضها بعضاً، وكانت تحوي مبانٍ استخدمت في بنائها حجارة كبيرة. يعد موقع نيوغرانج في إيرلندا موقعاً تذكارياً من عصور ما قبل التاريخ وكان يعتقد أنه موقع دفن. بني الموقع قبل 5300 عام، واكتشف بالصدفة سنة 1699. تبين الدراسات أنه من أقدم المباني المقدسة في العالم وربما كان مكرساً لعبادة الشمس. تعد سكارا براي قرية محفوظة من العصر النيوليثي وتبين منازل حجرية مرتصة ببعضها سكنت ما بين 3100–2500 ق.م.



▲ سكارا براي في اسكتلندا هي أفضل مستوطنة نيوليثية باقية



▲ داخل الآثار القديمة لسكارا براي

معابد مالطة الحجرية

ثبت أن هذه المعابد هي أقدم الأبنية الحجرية المكتشفة. تحكي المعابد الحجرية السبع عن إنجازات فوق طاقة البشر تعود إلى العصر البرونزي. يبدو الأمر لغزاً في كيفية تحريك السكان القدماء حوالي سنة 4000 ق.م. لهذه الكتل الحجرية الضخمة وبنائها بهذه الدقة العالية. تدل الآثار المكتشفة على وجود مجتمع مسالم قائم على عبادة الأم.

▼ معبد الحجارة في مالطة



المركبات المعدنية المشعة

المركبات المعدنية المشعة هي تلك التي تحوي على يورانيوم أو ثوريوم كجزء أساسي من تركيبها الكيميائي. اكتشفت لأول مرة سنة 1896، وارتبطت منذ ذلك الحين بالعالمة الفيزيائية ماري كوري. اشتركت مدام كوري في نيل جائزة نوبل على اكتشافها مع زوجها بيير كوري والفيزيائي الفرنسي الشهير أنطوان بيكيريل.
تحوي معظم الصخور على كميات ضئيلة من المركبات المشعة التي تطلق أشعة غير مرئية او جسيمات من الطاقة العالية. يمكن اكتشاف هذا الإشعاع قياسه بمقياس غايغر.

الأورانينيت

يوجد الأورانينيت في الصخور الرسوبية والنارية وفي تجمعات حصى الكوارتز. وهو الفلز الذي يستخرج منه اليورانيوم. ومع وجود اليورانيوم في مختلف الصخور، إلا أن الأورانينيت يحوي معظمه. يتعرض هذا المركب للتعرية لمدة زمنية معينة ثم تجرفه الرياح والأمطار إلى أن يستقر أخيراً في قاع الأجسام المائية حيث يتحول إلى صخور. يؤدي استخراج الأورانينيت إلى ابتعاث غاز الرادون المسرطن. بعد استخراجه يعالج كيميائياً وتستخدم غازاته في صنع الوقود النووي.

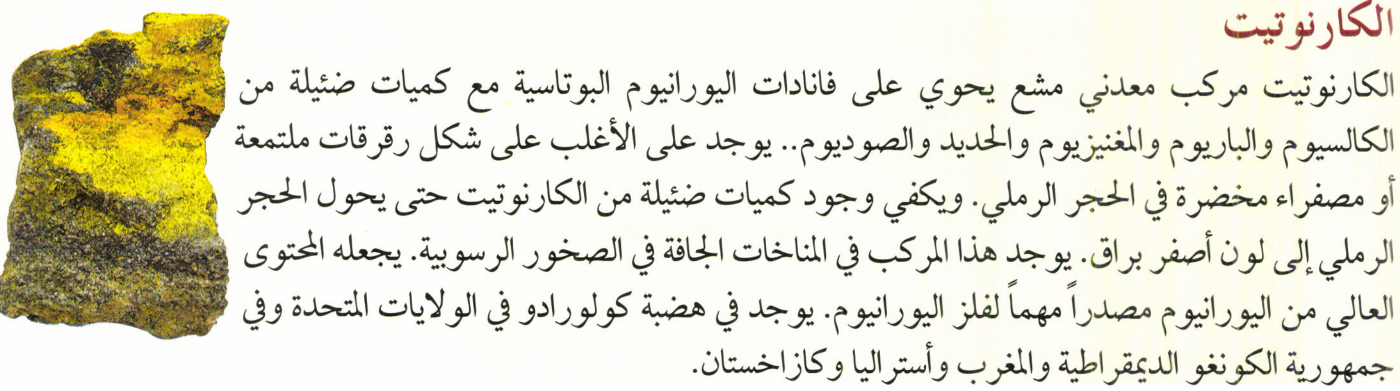
استخدام المركبات المعدنية المشعة

من الدول الرائدة في استخراج الأورانينيت فرنسا وإنكلترا والكونغو وألمانيا وجمهورية الكونغو الديمقراطية. يستخدم اليورانيوم في صقل السيراميك وصنع الأسمدة وتظهير الأفلام الفوتوغرافية. ويستخدم في المفاعلات النووية لمحطات الطاقة وفي تصفيح الدبابات والطلقات والقذائف. ويستخدم أيضاً في الغواصات والأسلحة والقنابل الذرية. تستخدم العقاقير الصيدلانية المشعة في تشخيص وعلاج العديد من الأمراض كالسرطان. هذا المركب ذو نشاط إشعاعي عالٍ، ويجب خزنه بعيداً عن المركبات الأخرى التي تتفاعل بنشاطه.

▼ تستخدم المركبات المعدنية المشعة في محركات الغواصات.



الكارنوتيت

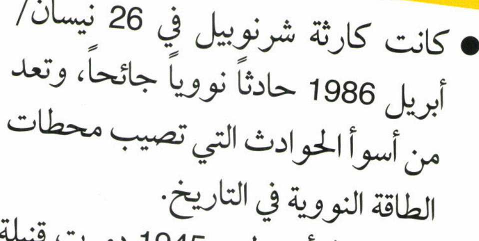


الكارنوتيت مركب معدني مشع يحوي على فانادات اليورانيوم البوتاسية مع كميات ضئيلة من الكالسيوم والباريوم والمغنيزيوم والحديد والصوديوم.. يوجد على الأغلب على شكل رقرقات ملتمعة أو مصفراء مخضرة في الحجر الرملي. ويكفي وجود كميات ضئيلة من الكارنوتيت حتى يحول الحجر الرملي إلى لون أصفر براق. يوجد هذا المركب في المناخات الجافة في الصخور الرسوبية. يجعله المحتوى العالي من اليورانيوم مصدراً مهماً لفلز اليورانيوم. يوجد في هضبة كولورادو في الولايات المتحدة وفي جمهورية الكونغو الديمقراطية والمغرب وأستراليا وكازاخستان.

الإشعاع والقدرة النووية

استخدمت العناصر المشعة في البدء لاسيما اليورانيوم لصنع الأسلحة النووية أثناء الحرب العالمية الثانية. وقد صنعت بريطانيا والولايات المتحدة أول قنبلة ذرية وألقتها الولايات المتحدة على مدينة هيروشيما اليابانية. استخدمت العناصر المشعة منذ سنة 1950 لتوليد الكهرباء من محطات الطاقة النووية. تستثمر الحكومات الكثير من المال والبحوث في التنقيب عن فلز اليورانيوم. أقامت المملكة المتحدة أول محطة طاقة نووية تنتج الكهرباء بكميات كبيرة للاستهلاك التجاري.

▼ محطة قدرة نووية



حقائق مهمة

- كانت كارثة شرنوبيل في 26 نيسان/ أبريل 1986 حادثاً نووياً جائحاً، وتعد من أسوأ الحوادث التي تصيب محطات الطاقة النووية في التاريخ.
- في 6 آب/ أغسطس 1945 دمرت قنبلة اليورانيوم الذرية التي ألقيت على هيروشيما أكثر من نصف المدينة خلال دقائق وبلغ عدد القتلى أو المفقودين ما بين 60.000-70.000 شخص.

تخزين المركبات المعدنية المشعة

يوجد حوالي 200 مركب معدني معروفة باحتوائها على عناصر مشعة. يتطلب تداول هذه المركبات وتخزينها عناية وحرص كبيرين. يجب خزن العينات ضمن عبوات شفافة محكمة السد. يجب أن يمتنع المرء عن التدخين أو تناول الطعام أو النوم بالقرب من هذه العينات مخافة الإصابة بالإشعاع. يبرز الخطر الأكبر من غاز الرادون الذي تبثه المركبات الحاوية على اليورانيوم والثوريوم. وتعد إدارة النفايات المشعة أمراً مقلقاً لأنها تحتاج إلى إطار زمني قدره بين 10.000 سنة ومليون عام إلى أن تضمحل.

أدوات ووسائل العصر الحجري

امتد العصر الحجري قرابة 3.4 مليون عام وانتهى باكتشاف واستخدام المعادن بين سنوات 6000-2000 ق.م. نعلم من الأدلة الأثرية أن إنسان العصر الحجري استخدم الحجارة في مختلف أدواته وأسلحته. اكتشفت في إثيوبيا أقدم الأدوات التي صنعها الإنسان. كان أحجار الصوان والشرت تكسر وتشحذ لتستخدم كأدوات قاطعة، وكان الحجر الرملي يستخدم في جرش الحبوب كمطحنة يدوية. يمكننا من خلال دراسة هذه الأدوات أن نتعرف إلى تطور الإنسان من حيث مجتمعه وتكنولوجيته وغذائه وأسلوب حياته.

قبل سنة 10.000 ق.م.

أقدم فترات العصر الحجري هي التي كان الإنسان فيها ما يزال صياداً وجامعاً للثمار. يفترض أن أولى طرائق صيد الحيوانات الكبيرة كانت تجري بمحاصرة الحيوان ورميه بالصخور والجلاميد الكبيرة. كان الإنسان ما يزال يعيش في الكهوف وقد زين جدرانها بألوان اشتقها من مسحوق الصخور والأتربة وألوان النباتات. كانت الأدوات الأولى بسيطة، وكان يصنعها بكسر الحجارة النهرية. كانت الحواف الحادة تستخدم في كسر العظام أو قطع الدرنات الغذائية.



▼ استخدم الإنسان القديم الحجارة لإشعال النار وفي الصيد.

منذ 10.000-6.000 ق.م.

تصادف هذه الفترة انتهاء العصر الجليدي الأخير وارتفاع مستوى البحر. وقد تميزت هذه الفترة بظهور المقذوفات المدببة والفؤوس المزدوجة. أصبح صيد الحيوانات أكثر فعالية، وبدأ الناس يصيدون الأسماك، وراحوا يبنون منازل حجرية شبه دائمة. استخدمت كُسارات حجرية مسننة أو أنصال وركبت على العظام أو قرون الأيائل واستخدمت كرماح أو سهام. اكتشفت قطع حجرية من هذه الفترة تحوي نقوش تجريدية في كهوف بلومبو في جنوب إفريقية.

حقائق مهمة

- تعد الكهوف في جبال غرناطة الإسبانية مسكناً لحوالي 3.000 غجري. تحوي المستوطنة على حجرات منفردة و200 حجرة سكنية ومدارس وكنائس ومخازن، وتقع كلها في الكهوف.
- توجد مساكن كهفية في مقاطعة شانكسي الصينية يقطنها أكثر من 40 مليون شخص، وتستخدم هذه المساكن منذ عدة قرون.

العصر النيوليثي

شهد العصر النيوليثي (أو الحجري الحديث) بداية استقرار الصيادين وجامعي الثمار. اقتضت الزراعة والحصاد صنع أدوات جديدة للطحن والقطع والطرق. صقلت الحجارة في هذه الفترة وصنعت القدور من الغضار لاختزان الحبوب الغذائية. نصبت ألواح حجرية كأسيجة للحفاظ على الحيوانات الأليفة، ولكن أهم شيء هو اختراع الإنسان للعجلة. بنيت المنازل الحجرية، ووضعت فيها أسرة ورفوف ومقاعد وحتى مراحيض من الحجر. تحوي مالطة أقدم معبد حجري في العالم وقد بني في حوالي سنة 3600–2500 ق.م.

العيش في الصخور

نطلق أحياناً على أناس ما قبل التاريخ بسكان الكهوف، ولكن في الواقع لم يعش في الكهوف إلا أعداد قليلة منهم. مع ذلك توجد دلائل على سكن الكهوف في فرنسا وأنحاء أخرى من أوربا، وبعض المناطق الجبلية في آسيا لاسيما الصين. كما اكتشفت في كهوف بلومبو في إفريقية العديد من الاكتشافات الجديدة كالموقد على شكل حوض صغير، ورؤوس الفؤوس المزدوجة التي تعمل على الطرفين. كما اكتشف الكوارتز والكوارتزيت الذين كانا يستخدمان على الأغلب كرؤوس الرماح أو كسكاكين.

أريحا

أريحا هي مدينة على الضفة الغربية لنهر الأردن جعلها السكان الأوائل موطناً لهم حتى قبل سنة 9000 ق.م. تدل القدور الحجرية والفخارية على أن الناس كانوا يأكلون القمح والشعير والحبوب الأخرى. بنيت المنازل من الآجر الطيني على أساس حجري وطليت بالجص. وتضم بعض المكتشفات رؤوس أسهم من الصوان، ونصال مناجل دقيقة النحت، وكشاطات وفؤوس مصنوعة من السبج ومطارق ومطاحن حجرية. ومن الأشياء الأخرى صحون وأوعية من الحجر الجيري ومغازل وأثقال نول وملوق ومثاقب.



جبل كوزينيا، أريحا

الكتابة على الحجر

كان النقش على الحجارة أو أي مادة صلبة أخرى أمراً معتاداً في كل العصور إلى أن تطورت الكتابة. وسرعان ما استخدم القدماء الرقم الفخارية بشكل متزايد للكتابة. كانت أولى أشكال الكتابة هي التي وجدت على جدران الكهوف، وقد بدأت بالصور والرموز التي تصف حياة الناس اليومية. كانت هذه الرموز سهلة التشكيل ودائمة. وبحسب الكتب اليهودية فإن الوصايا العشر نزلت مكتوبة على رقمين حجريين. وقد اكتشف العديد من الأختام الغضارية العائدة لحضارة هارابا، وهي تحمل نقوش لم يتم تفسيرها حتى اليوم.

الأولميك



عاش الأولميك على سواحل خليج المكسيك قبل 3000 عام بين 1500–400 ق.م. اشتهر الأولميك بصنع تماثيل لرؤوس حجرية عملاقة، ويعتقد أنهم كانوا من أقدم الحضارات في القارة الأميركية. اكتشف عمال الطرق في المكسيك حجراً سنة 1999 وقد حفرت عليه نقوش يعتقد أنها من أقدم نماذج الكتابة في العالم الغربي. يحوي الرقم بثخانة 5 بوصات 62 رمزاً تعود إلى سنة 900 ق.م. وهي تمثل أكواز ذرة وحشرات وأسماك.

النقش على الصخور


نقش على الصخر

كان النقش على الصخور سابقاً للكتابة. قام إنسان ما قبل التاريخ بنقش ورسم الآلاف من الرموز على جدران الكهوف والحجارة في مختلف المواقع التي كانت تشكل مستوطنات بشرية قديمة. يوجد غنى كبير من النقوش على الصخور في شبه الجزيرة العربية التي تحولت إلى رموز ذات معنى. ظهرت أولى الكتابة القريبة الشبه بكتاباتنا الحديثة في بلاد ما بين النهرين كما ظهرت كتابة موازية لها في الهيروغليفية المصرية. تعود هذه الكتابات إلى حوالي سنوات 200–1500 ق.م. أما النقوش على الصخور في شمال النرويج فتعود إلى سنة 4200 ق.م. حيث كانت تسود ثقافة الصياد وجامع الثمار، وكانت النقوش تمثلاً رموزاً باللون الأحمر.

نصوص أشوكا الصخرية

يعتقد أن نصوص أشوكا الصخرية هي أول ما كتبه بوذا، وقد كتبت بعد وفاته بثلاثمئة عام. نقشت نصوص الإمبراطور أشوكا في الصخر، على أوجه الجلاميد والجروف وعلى الأعمدة المصنوعة من حجارة تلال شونار قرب بنارس. كانت تتراوح أطوال الأعمدة الضخمة العالية الصقل بين 30–70 قدم، وكانت تنصب في أماكن بارزة. حرمت نصوص أشوكا قتل الحيوانات والطيور، وإشعال الحرائق في الغابات بدون سبب، وحضت المواطنين على اتباع طريق الحق.

▼ نص أشوكا صخري



كتابات الكهوف

جوفت كهوف أودايغيري في ولاية أوريسا الهندية، واتصلت بكهوف موجودة سابقاً أثناء القرن الثاني الميلادي. بنيت الكهوف كأماكن سكن لرهبان الطائفة الجينية أثناء حكم الملك كارافيلا، ويعد كهف هاتهي غومبا مهماً بسبب الكتابات الموجودة فيه. يذكر نص يتألف من 17 سطراً حملات الملك كارافيلا بحروف براهمية. يوجد قرب هذا النص نصوص أصغر محفورة على عدد من الجدران الكهفية بالخطين البراهمي والديفناغاري اللاحق. تحوي كهوف كانهيري في ولاية مهاراشترا، والمحفورة في الصخور البازلتية، نصوصاً بالخطوط البراهمية والديفناغارية والبهلوية.

الكتابات الصخرية في شبه القارة الهندية

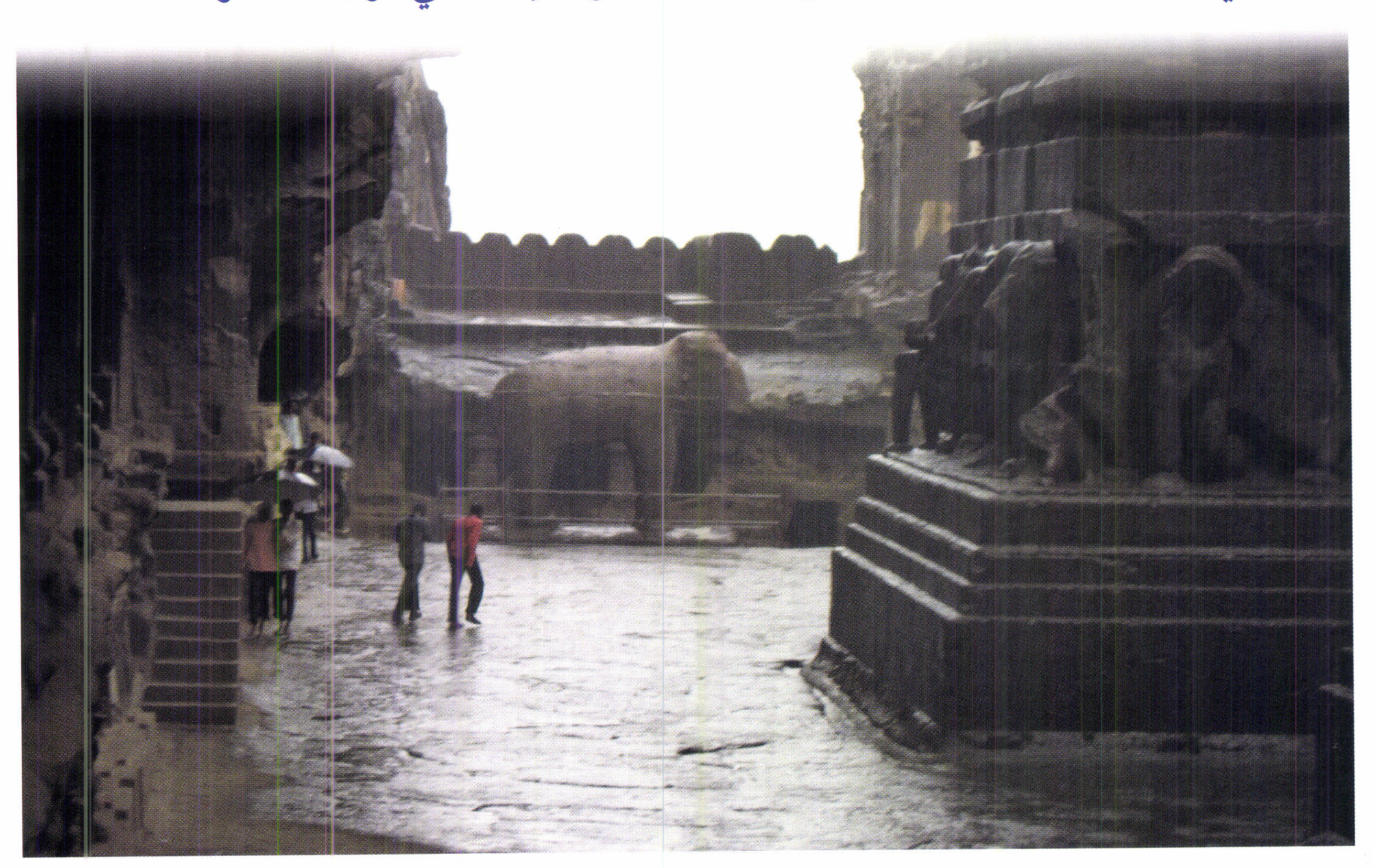
كتبت نصوص راباتاك التي اكتشفت سنة 1993 في أفغانستان على إحدى الصخور باللغة البكترية والخط الإغريقي. وهي تعطي تفاصيل حية عن حكم سلالة قوشان المالكة، لاسيما حكم الإمبراطور القوشاني كانيشكا. اكتشف في كارناتاكا نص هالميدي وربما كان أقدم النصوص المعروفة بلغة الكانادا. نقش النص على عمود بارتفاع 4 أمتار على شكل قصيدة في حوالي سنة 450 ميلادي.

حقائق مهمة

- كتبت لغة رونغورونغو القديمة في البيرو في اتجاهين متعاكسين. تبدأ قراءة السطر من اليسار إلى اليمين، حين ينتهي السطر يقلب اللوح 180 درجة ويقرأ الشطر الذي يليه.
- أقيم عمود حجري حوالي سنة 113 ق.م. في وسط الهند، وقد نقش عليه نص بالخط البراهمي يصف العلاقات بين شعب السونغا والملوك الهندو-إغريقيين.

الكهوف المحفورة في الصخر

تعد الأبنية المحفورة في الصخر في الهند، والبالغ عددها أكثر من 1500، ذات طبيعة دينية. بعضها كئيب وبسيط، ولكن يظهر في معظمها مستوىً عالٍ من الهندسة والحرفية. لا يوجد بلد أو منطقة من العالم تحوي على مثل هذا العدد الكبير من الأبنية الكهفية القديمة. تم نحت الكهوف من الصخر الطبيعي الصلب، ولا يزال الجيولوجيون يتساءلون عن الوسائل والأدوات التي استخدمت في تشكيل هذه الأبنية العملاقة. من ملاجئ العصر الحجري الصخرية في بهيمبيتكا إلى المنحوتات المعقدة في كهوف إيلورا تعد هذه الكهوف سجلاً لمسيرة الإنسان في درب الحضارة.



ملاجئ بهيمبيتكا الصخرية

تبين ملاجئ بهيمبيتكا الصخرية الآثار المبكرة لحضارة الإنسان في شبه القارة الهندية. تقع هذه الملاجئ في ولاية ماديا براديش الهندية وقد قطنها الناس منذ أكثر من 100.000 عام. كان الاعتقاد السائد سابقاً أنها كانت مواقع بوذية، ولكن علماء الآثار اكتشفوا في سنة 1957 أنها كانت ملاجئ صخرية من فترات ما قبل التاريخ. تحوي الكهوف رسومات دارية تعود إلى 30.000 عام، وتصور شكلاً من أشكال الرقص. صبغت المنحوتات الهندسية بأصبغة نباتية وثبتت إلى الجدران الداخلية أو ضمن كوات.

كهوف باغ

كانت كهوف باغ في ولاية ماديا براديش في وسط الهند تتألف من تسعة مبانٍ منحوتة من الصخر القائم عمودياً على تلة من الحجر الرملي. لم يبق إلا خمسة اليوم، وهي تعرض لوحات جدارية جميلة وحية. بنيت هذه الفيهارا (أو الأديرة البوذية) في القرن الرابع أو الخامس الميلادي، وكانت تدعى قصر الألوان. تمت تغطية أرض الكهوف بحصى ناعمة ذات لون أحمر إلى بني وتم تمليطها بالجص الطيني السميك. كذلك غطيت الجدران بنفس المادة وطليت بالجبس الذي رسمت عليه اللوحات.

كهوف بارابار

كهوف بارابار هي أقدم نموذج من فن عمارة الكهوف، وقد نحتت من جروف غرانيتية في القرن الثالث ق.م. بتشجيع ورعاية الإمبراطور أشوكا. تدل النقوش المحفورة في جدران هذه الكهوف على أنها كرست للنساك الجينيين. تظهر على الكهوف درجة عالية من التناسق والصقل الخارجي. يتمتع اثنان من الكهوف بأثر صدى فريد، ويحوي أحدها وهو كهف كاران شوبار على كتابات تعود إلى سنة 254 ق.م.

حقائق مهمة

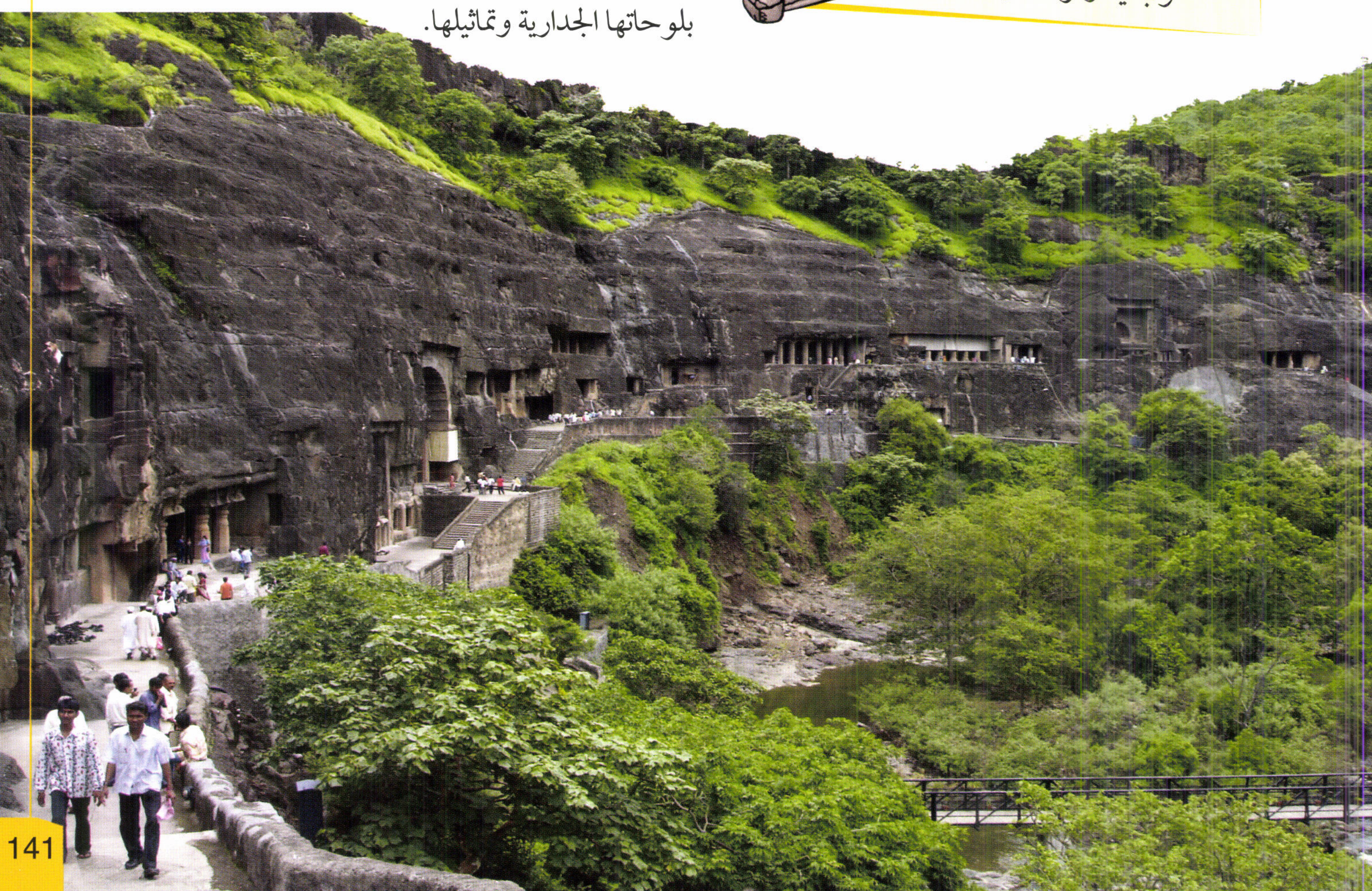
- يحوي الكهف رقم 26 من كهوف أجانتا تمثال لبوذا المضطجع بطول 7 أمتار. تبين تفاصيل هذا التمثال اللحظات الأخيرة السابقة للوفاة، بل وتظهر شرابات الوسادة التي يتكئ عليها وقد نحتت في الصخر.
- صنع النحت الجداري النافر في أجانتا بصباغة الجص الطازج وتركه ليجف. وقد استخدمت في تلوينه ألوان ترابية ونباتية ولون فيروزي مستورد.

كهوف كانهيري

تعد هذه الكهوف مجموعة من الآثار المحفورة في الصخر وتقع في غرب الهند. اشتقت كلمة كانهيري من العبارة السنسكرينية كريشناغيري وتعني "الجبل الأسود". وتبين كهوف كانهيري الأثر البوذي على فن وثقافة الهند. بنيت الكهوف بين القرن الأول قبل الميلاد وحتى العاشر الميلادي، ويجد 109 كهوف مع أقنيتها وأحواضها وخزاناتها التي تبين نظام تجميع مياه الأمطار. بنيت هذه الكهوف التقشفية كأديرة وتحوي على قاعة معمدة وقبة بوذية. وتوجد على الكهوف الأخيرة منحوتات نافرة تبين البوذا وتلامذته.

كهوف أجانتا

تعد كهوف أجانتا من أجمل الأمثلة عن فن نحت الكهوف الهندي. يبلغ عددها حوالي 300 كهف، ويعود أقدمها إلى القرن الثاني قبل الميلاد، وهي تدل على وجود مجتمع منظم استخدم هذه الكهوف للسكن والتعليم والعبادة. نحتت هذه الكهوف في منحنى نضوي على جرف صخري بازلتي في مكامن ديكان، وتوجد هذه الكهوف في طبقات من المواد البركانية المتعاقبة. وقد نحتت هذه الكهوف على فترات بين القرن الثاني قبل الميلاد والسادس الميلادي. تشتهر الكهوف بلوحاتها الجدارية وتماثيلها.



المركبات المعدنية الغذائية



تقوم المركبات المعدنية الغذائية بدور مهم جداً في نمو ووظائف جسم الإنسان. تحتاج أجسامنا نوعين من المركبات هي المركبات المعدنية الكبرى أو الأساسية كالكالسيوم والكلور والمغنيزيوم والفوسفور والبوتاسيوم والكبريت، والمركبات الصغرى أو العناصر النزيرة كالنحاس والفلور والمنغنيز والسيلينيوم والزنك. نستهلك هذه المركبات ليس في شكلها المعدني كما يراه الجيولوجيون بل كخضار وفواكه ولحوم أو ما يسميه علماء التغذية المركبات المعدنية الغذائية.

الكالسيوم

يختزن الكالسيوم في العظام والأسنان لجعلها قوية، ويعوض الكالسيوم نقص العظام المصاحب لتقدم الإنسان في العمر. ويساعد الكالسيوم العضلات والأوعية الدموية على التوسع والانكماش، وأهم شيء هو أنه يساعد على عمل عضلات القلب. الكالسيوم ضروري لإرسال الرسائل عبر الجهاز العصبي للجسم، وهو يساعد في إفراز الهرمونات والأنزيمات. نحصل على هذا المركب من الحليب ومشتقاته كالجبن واللبن وبعض أنواع الأسماك.

العدس غني بالحديد

الحديد

يساعد الحديد في الحفاظ على صحة خلايا الدم الحمراء ويحمل الأكسجين إلى كل أجزاء الجسم. كما يساعد على منع الإجهاد ويضبط نمو الخلايا. نحصل على الحديد من اللحوم والأسماك والدواجن ومختلف البقوليات وأجبان التوفو إضافةً إلى العدس والمكسرات والبذور. وحيث أن الجسم لا يستطيع امتصاص المصادر النباتية للحديد بشكل جيد فمن المهم أن يحوي الجسم على الفيتامين C ليساعد على امتصاصه. ويمكن تلافي ذلك بتناول الحمضيات مع الطعام.

لحم السمك مصدر غني بالحديد

البوتاسيوم

البوتاسيوم ضروري لنمو العضلات وبالتالي للنمو الطبيعي للجسم. يساعد البوتاسيوم على تفكيك البروتينات والكربوهدرات إلى مواد سهلة الامتصاص في الجسم. وهو يساعد أيضاً في الحفاظ على توازن السوائل في أجسامنا كالدم وسوائل الأنسجة. وهو مفيد أيضاً في ضبط ضغط الدم والتنسيق العصبي-العضلي. تعد ثمار الموز والبابايا والقلقاس والبرتقال غنية بالبوتاسيوم، وكذلك الخضار الورقية الداكنة. نحصل عليه كذلك من مشتقات الحليب والفول والأسماك والمكسرات.

▲ الفواكه كالموز والبابايا والقلقاس والبرتقال مصادر غنية بالمعادن

حقائق مهمة

- إضافة إلى المركبات المعدنية الرئيسة يحتاج الجسم إلى كميات ضئيلة من مركبات أخرى حتى يعمل بشكل سليم، ومن هذه المركبات النيكل والسيليكون والكوبالت.
- النحاس أساسي للجسم لأنه يساعد الحديد على تشكيل خلايا الدم الحمراء. يساعد هذا المعدن أيضاً على قيام العظام والأوعية الدموية وجهاز المناعة والأعصاب بوظائفها بشكل سليم.

الزنك

يستخدمه الجسم لصنع البروتينات والحمض النووي. ويساعد الزنك في مكافحة الأمراض وشفاء الجروح ويقوي حاستي الذوق والشم. أثناء الحمل يعد الزنك ضرورياً للنمو السليم للجنين. ولا تقتصر فوائد الزنك على المساعدة في النمو وتطوير وصيانة الجهاز المناعي بل إنه يساعد الجسم أيضاً على امتصاص المغذيات. اللحوم والأسماك والدجاج غنية بالزنك، وكذلك الحليب واللبن والجبن والفاصولياء والعدس والأطعمة البحرية والبذور كبذر القرع وبذر دوار الشمس.





▲ الفاصولياء والعدس مصدران غنيان بالزنك

المركبات المعدنية اللاصفة

تعكس جميع المركبات المعدنية الضوء إلى حد ما، ولكن لبعضها القدرة على امتصاص الضوء وإطلاقه بطول موجة مختلف فينتج عن ذلك عرض لامع من الألوان. يصبح المشهد أكثر روعةً حين تتعرض هذه المركبات المعدنية إلى الأشعة فوق البنفسجية أو الأشعة السينية أو أشعة الكاثود. حوالي 15٪ فقط من جميع المركبات المعدنية لديها القدرة على التوهج، ويحدث ذلك حين تحوي هذه المركبات على شوائب. يحدث التوهج عموماً في المعادن، ولكنه يمكن أن يحدث أيضاً بسبب عيوب تركيبية في البلورات أو وجود شوائب عضوية.

الفلوريت

كان الفلوريت أول مركب معدني تلاحظ فيه خاصية التوهج. سميت هذه الخاصية باللصف أو التوهج الفلوري fluorescence في عام 1850 وحظيت التسمية بالقبول في الأوساط العلمية. يمتاز الفلوريت بلصف قوي ويستمر طويلاً ويتوهج بلون بنفسجي إلى أزرق. توجد كذلك بعض نماذج الفلوريت التي تتوهج بلون كريمي أو أبيض، كما توجد أنواع لا تتوهج على الإطلاق. يوجد الفلوريت مرتبطاً بالرصاص والزنك.

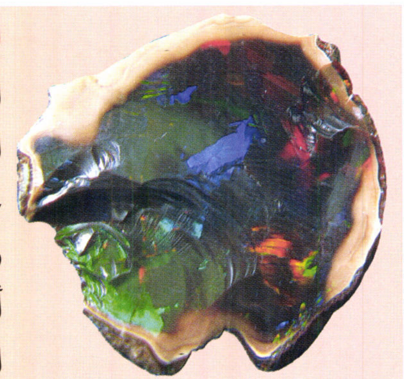


السبودومين



نادراً ما يوجد هذا المركب خارج بغماتيت الغرانيت. يوجد غالباً على شكل بلورات كبيرة جداً ويمكن أن يوجد أحياناً كبلورات شفافة أو ذات ظلال وردية او خضراء أو صفراء. يمكن أن يصل قطر بلوراته إلى 3 أو 4 أقدام، وطولها حتى 30 قدماً! يعرف السبودومين الوردي والليلكي بالكونززيت وله قيمة عالية كجوهرة، ولكن بعض بلوراته يمكن أن تفقد لونها إذا تعرضت إلى ضوء الشمس بشكل مباشرة لفترة طويلة.

الأوبال



الأوبال هو أحد الأشكال المهدرجة للسيليكا، ويبلغ محتواه المائي 3-20٪. يوجد شبه المركب اللابلوري هذا في تنوع لوني كبير أشهرها الأبيض والأخضر، وأندرها الأحمر على أساس أسود. يقيّم الأوبال الثمين بحسب لونه ونموذجه وسطوعه وأساسه اللوني وحجمه. وبالإضافة إلى الأوبال الثمين الذي يبدي تداخلاً جميلاً من الألوان توجد أنواع أخرى كالأوبال الحليبي الذي يكون لونه مائلاً إلى الزرقة أو الخضرة والأوبال الراتنجي بلونه العسلي الأصفر ونوع عديم اللون يدعى زجاج مولر.

الشيليت

يوجد الشيليت في الصخور النارية، وهو الفلز الذي يستخرج منه التنغستين. تستخدم بلوراته الجيدة التشكيل كجواهر إذا كانت خالية من الشوائب. ويستخدم غالباً كتقليد للماس. توجد البلورات الشفافة أو الشفانية في تنوع لوني يشمل الأصفر الذهبي، والأخضر المائل إلى البني والبني الداكن، والرمادي المائل إلى الوردي أو الأحمر. يوجد عادةً في العروق بصحبة القصدير والذهب. اكتشف لأول مرة في السويد، وسمي حينها التنغستين ويعني الحجر الثقيل. أطلق هذا الاسم على المعدن، أما الفلز فقد سمي الشيليت.



سبار إيسلندا

أطلق عليه الفايكينغ القدماء اسم حجر الشمس، وهو نوعية شفافة من الكالسيت. ذكر في نصوص القرنين الثالث عشر والرابع عشر، واستخدم في البحث عن الأماكن المشمسة وفي الملاحة من قبل سكان إيسلندا الماهرين في ركوب البحار. وبالإضافة إلى استخدامه في أغراض الملاحة استخدم حجر الشمس كمزولة شمسية. وكانت هذه الإمكانية جيدة بسبب درجات العرض العليا التي تكون عندها الشمس منخفضة جداً، ومناطقها جبلية. ومن المحتمل أنه كان يستخدم أيضاً في الكنائس والأديرة في أوربا القرون الوسطى.

حقائق مهمة

- كان الأوبال في العصور الوسطى يعد حجراً جالباً للحظ لأنه كان يظن أنه يملك كل فضائل الجواهر التي تتمثل ألوانها في طيف الأوبال.
- يعد الأوبال الحجر الكريم الوطني لأستراليا التي تنتج 97٪ من مخزون العالم منه. الجيزريت هو أحد أنواع الأوبال ويوجد حول الينابيع والفوارات.

المعابد الصخرية

لا توجد فترة معروفة حل فيها بناء المعابد بالكتل الصخرية محل بنائها بحفر ونحت الصخور. فالمعابد التي بنيت من كتل حجرية أو صخرية تبدو أنها بنيت من القرن الخامس وما بعد، بينما المعابد التي نحتت من الجروف الصخرية بقيت تبنى حتى القرن الثاني عشر. من كشمير إلى كانياكوماري تحوي الهند وشبه القارة الهندية وحتى الشرق الأقصى على آلاف المعابد الصخرية. وسواء كانت تتألف من أعمال حفرية بسيطة في جلمود صخرة أحادية أو مجمعات ذات نقوش ومنحوتات بالغة التعقيد فإن المعابد الصخرية هي جزء من الثقافة الموغلة في المعتقدات الروحية.

معبد مسرور الصخري

يشمل هذا المجمع عدة معابد في منطقة كانغرا بولاية هيماشال براديش الهندية. بني هذا المعبد الغني بالزخارف على الطراز الهندي-آري وكرس للآلهة الهندوسية رام ولاخمان والإلهة سيتا. وهو المعبد الصخري الوحيد المشكل من صخرة قائمة بشكل مستقل في شمال الهند. بنيت معابد المجمع على سلاسل تلية بارتفاع 2500 قدم وهي تعود إلى القرنين السابع والثامن وتحوي على لوحات منحوتة بشكل جميل ولكن الكثير منه أصابه التلف نتيجة لغزو جيوش محمود الغزنوي.

مهابالييورام

كانت مهابالييورام ميناء بحرياً قديماً في جنوب الهند في القرن الأول الميلادي. وكانت تطل على خليج البنغال تسعة معابد صخرية بنيت في مراحل مختلفة بدأً من سنوات 600-630 ووصلت إلى ذروة فنها التعبيري الإبداعي في حوالي السنوات 700-728. يضم مجمع المعابد معابد كهفية وعربات حجرية ومنحوتات أثرية معقدة ونماذج ممتازة من فن بالافا. ومن أجمل ما فيها العربات الخمس المنحوتة من قطعة واحدة من الغرانيت. وقد بني معبد الشاطئ الشهير بين سنوات 700-728 م بكتل من الغرانيت.



▼ معبد مهابالييورام

حقائق مهمة

- يرتفع تمثال غوماتشفارا، وهو أكبر تمثال منحوت من صخرة وحيدة، إلى 57 قدماً على تلة فندياغيري في كرناتاكا. توجد عليه كتابة بلغة الكانادا وهي أقدم دليل على خط الديفانغيري الكتابي ويعود إلى سنة 981 ميلادي.
- كان دير باميان المشترك بين البوذية والهندوسية يحوي على ثلاثة تماثيل عملاقة منحوتة من جرف من الحجر الرملي. كان أحد تلك التماثيل يعد أعلى تمثال بوذا في العالم، وكان يصل ارتفاعه إلى 53 متر.

معبد كايلاش في إيلورا

وهو جزء من كهوف محفورة في صخور جرف بازلتي في ولاية مهاراشترا. نحت المعبد بحرفية عالية من الأعلى إلى الأسفل ويعتقد أن بناءه استغرق مئات السنين. بني هذا الصرح الصخري ذو الأبعاد المذهلة في القرن الثامن بطراز بنادرافيدي مميز. وهو أكبر مبنى منحوت من الصخر في العالم وأكثر مجمع صخري يحوي على منحوتات. وقد صنعت جميع الأقسام المنحوتة على أكثر من طبقة، حتى مداخله تتألف من طبقتين.



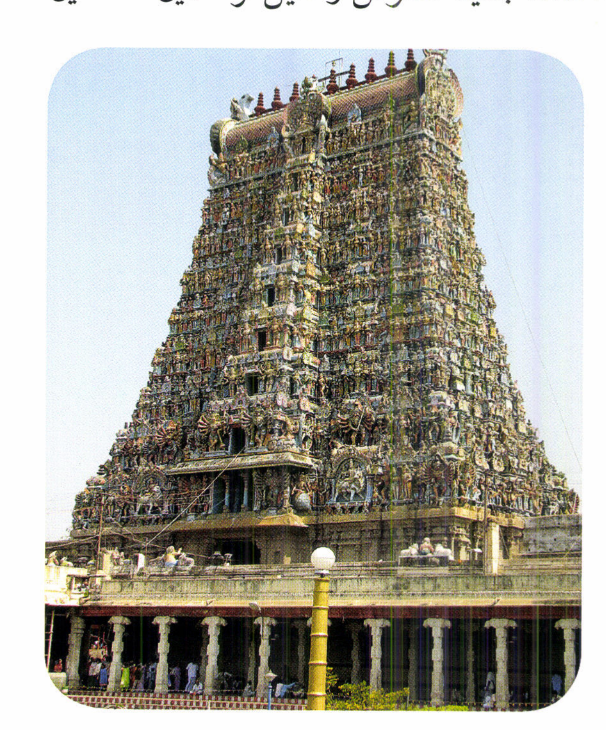
معبد الشمس في كونارك



بني معبد كونارك في القرن الثالث عشر، ويقع على ضفة كونارك في ولاية أوريسا الهندية. وكان يدعى أيضاً الباغودا الأسود مقارنةً بمعبد جاغاناث في بوري الذي كان يدعى الباغودا الأبيض. بني المعبد على شكل عربة عملاقة، وكان مكرساً لإله الشمس. يحوي المعبد على 12 زوجاً من العجلات الحجرية المنقوشة بعناية ارتفاع كل منها 3 أمتار. تجر العربة سبعة أزواج من الخيول، وتتجه شرقاً، وقد بنيت من صخور الخونداليت. يحوي المجمع أيضاً على قاعة رقص رائعة ذات أعمدة جميلة النقوش وتماثيل لراقصين مختلفين.

معبد ميناكشي

وهو مبنى رائع في مدينة المعابد مادوراي. تحيط بالمعبد مداخل تدعى غوبورام، يبلغ ارتفاع أعلاها 52 متر، بني أقدمها بين سنوات 1216–1238، وقد ازدان كل مدخل بتماثيل حجرية رائعة تمثل آلهة وشياطين وحيوانات لونت جميعها بألوان زاهية. بنيت قاعة الألف عمود في سنة 1569 وهي مأثرة من المهارة الهندسية الممتزجة بالرؤية الفنية. كل عمود من أعمدة القاعة تحفة فنية بحد ذاته، وأشهرها العمود الموسيقي الذي يصدر نوطات مختلفة كلما تم النقر عليه.



الحراس الصامتون

كانت الحصون والقلاع رمزاً للقوة منذ أقدم العصور، وقد حاول الحكام أن يجعلوها صامدة ما أمكن. لذا كان الحجر هو وسيلة البناء المفضلة. كانت القاعات والأبراج الهائلة تبعث على الرهبة والخوف حتى بعد مضي قرون على كونها مسرحاً للعنف. من المراكمة البسيطة للكتل الحجرية إلى أكثر القلاع الحجرية تحصيناً مزج الإنسان بين الهندسة المبتكرة والبراعة الفنية ليبني هذه الصروح كحراس صامتين على مر التاريخ.

قلعة سونار



تعد قلعة سونار في مدينة جايسالمر بولاية راجستان الهندية من أكبر القلاع في العالم. أكسبها المخرج السينمائي ستياجيت راي شهرةً حين صورها في فيلم يحمل اسمها نفسه. بنيت القلعة بأكملها تقريباً من الحجارة الرملية الصفراء في سنة 1156 ميلادي. ترتفع القلعة إلى علو 250متر فوق المنطقة الصحراوية المحيطة بها وهي تعرض التراث المجيد للراجبوتيين في مزيج من فن العمارة الراجبوتي والإسلامي.

تبدو القلعة وكأنها تلتمع ذهباً عند شروق الشمس، ويتحول لونها إلى الذهبي العسلي مع الغروب حيث يمتزج بلون الرمال المحيطة بها.

القلعة الحمراء



سميت القلعة الحمراء بهذا الاسم بسبب الحجر الرملي الأحمر المستخدم في بناء هذه التحفة المغولية على نهر يامونا. بنى القلعة شاه جهان في القرن السابع عشر، وكانت في البداية مقراً للعائلة المغولية المالكة. يحيط بالقلعة الثمانية الأوجه سور يتفاوت في ارتفاعه بين 18-33 متر وتنتصب فوقه الأبراج والمواقع المحصنة. استخدم الرخام بكثرة في تزيين القلعة حيث نقش بتصميمات زهرية ورصع بالأحجار شبه الكريمة لاسيما في الجزء المدعو رانغ محل. وتعد قاعة الجمهور المعمدة دليلاً على تعلق المغول بالهندسة وبراعتهم فيها.

قلعة تغلق أباد

أنشأ غياث الدين تغلق هذه القلعة كحصن بين أعوام 1321–1325. تجثم القلعة على التلال البعيدة لمدينة تمتد على مسافة 6 كم، بنيت القلعة بشكل رئيس بالحجر الرملي وتحوي نقوشاً رخامية نافرة، ولها شكل مخمس غير منتظم. تحيط تحصيناتها الحجرية الهائلة بالمخطط الأرضي غير المنتظم للمدينة. يبلغ ارتفاع أسوارها المائلة 10–15 متر، وهي مليئة بالركام. بنيت على أسوارها أبراج دائرية بارتفاع طابقين. لم يبق من بواباتها اليوم إلا 13 من أصل 52، كما بقيت أطلال الخزانات التي كانت تستخدم في جمع مياه الأمطار.

حقائق مهمة

- بنى شاه جهان برج مسمن من الرخام لمليكته ممتاز محل. زين هذا البرج الأنيق المتعدد الأدوار بالحجارة الجميلة ورصع بالذهب والأحجار الكريمة.
- بنيت قلعة سنهاغاد في شيفاجي قبل 2000 عام على تلال سايادري. وقد منحتها المنحدرات الحادة والوعرة حماية طبيعية من الأعداء.



قلعة جودبور

تقع هذه القلعة في راجستان وهي إحدى أكبر قلاع الهند. بدأ العمل فيها سنة 1459 واكتملت سنة 1678 على تلة ترتفع 400 قدم فوق المدينة المجاورة. يصل ارتفاع أسوار القلعة إلى 36 متر في بعض الأماكن، وعرضها 21 متر، وتضم في داخلها بعض أجمل القصور في راجستان. وقد زخرفت هذه المباني من الحجر الرملي ببعض التعريشات المعقدة والدرابزينات المنقوشة. يبلغ ارتفاع متاريسها الضخمة نحو 125 متر بثخانة 6 أمتار في بعض الأماكن.



قلعة أغرا

تقف قلعة أغرا شاهدةً على قوة وعظمة وديمومة مبانيها بعد خمسة قرون من بنائها. يبلغ ارتفاع أسوارها 70 متر ويحيط بها خندق عميق وبرجبي مراقبة عند البوابات. زينت مداخلها الأربع بالنحت النافر لتصاميم هندسية. تتألف القلعة بأكملها من حجارة حمراء مصقولة إلى حد الالتماع. وقد عمل في بناء القلعة أكثر من 140.000 عامل على مدى ثماني سنوات إنهاء هذا الصرح الضخم في سنة 1573. ومع أنها لم تبنى على أرض مرتفعة إلا أن متاريسها المنحدرة وجدرانها المتدعمة تجعلها قلعة لا يمكن اختراقها تقريباً.

الجواهر القديمة

كان ينظر إلى الجواهر عبر تاريخ البشرية بأنها تحسن من مظهر لابسها وتجعله جذاباً سواء كانت ماساً براقاً أو عرضاً ملوناً من الأحجار الكريمة. وقد اهتم الناس بقيمة الأحجار الكريمة وفقاً للونها ولمعتها وندرتها. يُجمَّل كل قسم من الجسم بما يلائمه من جواهر في مختلف بلدان العالم بدأً من لباس الرأس لدى القبائل الأفريقية إلى خواتم أصابع القدمين عند النساء الهنديات، وكانت الأحجار الكريمة تمثل جزءاً لا يتجزأ من المجوهرات.

مصر القديمة

يعود استعمال المصريين للأحجار الكريمة إلى سنة 4000 ق.م. كان كل من الرجال والنساء يضعون الأحجار الكريمة كمظهر من مظاهر الثراء وكتعويذة ضد المصائب والأذى. وحيث أن الأزرق كان يعد اللون المفضل لدى الملوك كانت الأحجار الزرقاء عالية القيمة. كان المصريون عموماً يحبون الأحجار شبه الكريمة أكثر من الأحجار الكريمة، ومع شعبية العقيق الأحمر واليشب والملكيت والكوارتز والفيروز، إلا أن اللازورد كان أعلى قيمةً. ويستورد اللازورد من أفغانستان. كما كانت الأحجار البنفسجية عالية القيمة أيضاً بسبب لونها الملكي.







الإغريق القدماء



وصلت حضارة الإغريق قبل 2500 عام إلى مستوى مازال يثير الإعجاب إلى يومنا هذا. كان للأحجار الكريمة قيمة كبيرة إلى جانب الذهب. كان الزمرد والياقوت والصفير يستورد من أماكن بعيدة مثل الهند وسريلانكا. وكانت الأحجار شبه الكريمة كالجمشت والجزع العقيقي والعقيق تستورد من دول الشرق الأوسط وشمال إفريقية ومصر. استخدم الإغريق طرائق متطورة لنقش الأحجار شبه الكريمة على شكل أصداف وطيور. كما استخدموا الزمرد والعقيق والبلورات الصخرية في ترصيع الأساور والأقراط بأشكال مجنحة كالآلهة والنسور.





الرومان

امتدت الحضارة الرومانية على مساحة واسعة وكانت الحلي التي يرتديها الرومان مستوحاة من ثقافات الشعوب المختلفة. وقد انعكست اتصالاتهم التجارية مع دول أوربا ومصر وإفريقية في تصميم مجوهراتهم. وقد استخدموا الحجارة الجميلة الألوان كالزمرد والماس والياقوت والصفير مع مجموعة متنوعة من الأحجار شبه الكريمة كالعقيق الأحمر والكهرمان الأسود والتوباز والعنبر. وتبين الاستكشافات الأثرية أن العقيق البرتقالي كان أحد أكثر الحجارة استخداماً في ترصيع الخواتم لاسيما الرجالية.

المايا



كان شعب المايا المكسيكي مع الأزتيك وشعوب أخرى في أميركا الوسطى على علاقة وثيقة بالظاهرات والدورات الكونية وقد انعكس ذلك في كل نواحي حياتهم بما في ذلك حليهم. عثر في المواقع الأثرية على قلادات جميلة وأطواق وخواتم مرصعة باليشب والسبج المنقوشين وأحجار ثمينة أخرى. حتى الأقنعة الجائزية التي كانت تصنع لملوكهم وملكاتهم كانت تدل على إيمانهم بالقدرات الشافية للأحجار الكريمة. وكان من العادات المتبعة لدى الأغنياء هي أن يشحذوا أسنانهم ويجعلوا فيها ثقوباً ويرصعوها بأحجار اليشب.

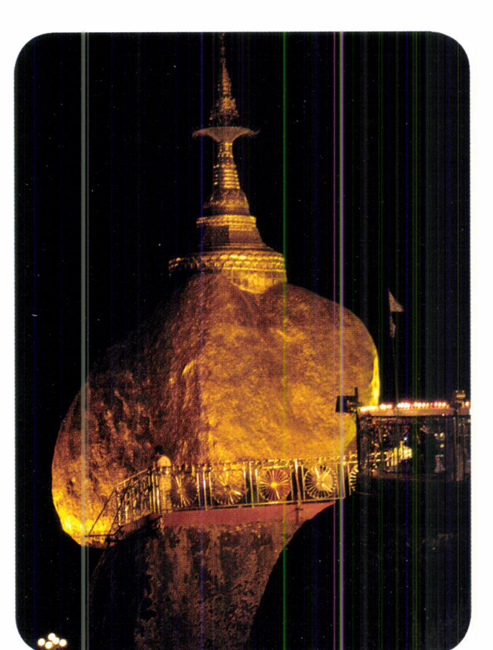
الهند

تتميز الهند بتاريخها الطويل في صناعة المجوهرات. فمنذ زمن حضارة وادي الإندوس في حوالي سنة 1500 ق.م. كانت النساء تتزين بالأقراط والقلائد والأساور، وكان الرجال أحياناً يفعلون بالمثل. استخدم الخرز في الحلي، وكان يصنع من حجارة مختلفة الألوان. كان الخرز يصقل وينحت، وأحياناً يكسر لإعطائه شكلاً مميزاً. وكانت الهند أول بلد ينقب عن الماس في حوالي سنة 296 ق.م. وكان له قيمة عالية بسبب لمعانه وديمومته.

حقائق مهمة

- تعد الكثير من الثقافات أن امتلاك الجواهر والأحجار الكريمة هي إحدى طرائق الحفاظ على الثروة. كذلك فإن ارتداء المجوهرات هو تعبير عن المرتبة الاجتماعية وعرض للثراء في الكثير من المجتمعات. حتى أنه في بعض الثقافات القديمة كان ارتداء الأحجار الكريمة كالماس حكراً على طبقة النبلاء.
- للمجوهرات وظائف عملية أخرى كما نعلم من وضع دبابيس الملابس والشعر وساعات اليد.

صخور مدهشة



للطبيعة طرائق غريبة، والأغرب منها ما ينتج عنها. تؤثر عوامل الحت المختلفة بالمكونات الفيزيائية للأرض فتشكل منها منحوتات مدهشة وجميلة. ونرى نتائج ذلك حول العالم على شكل بنى صخرية وتراكمات رملية وتشكيلات ساحلية. وفي الواقع فإن بعض هذه التحف الطبيعية كالصخرة الذهبية تبدو من الروعة وكأنها نتجت من عمل فنان ماهر.

الصخرة الذهبية

الصخرة الذهبية في بورما هي جلمود غرانيتي يبلغ ارتفاعه 25 قدماً ومحيطه 50 قدم. تجثم هذه الصخرة على مصطبة طبيعية لا تشكل جزأً منها، بل إن نقطة التماس بين الصخرة والمصطبة ضئيلة جداً. بني فوق هذه الصخرة معبد كييكتيو حيث توجد إحدى شعرات بوذا المقدسة. تقول الأسطورة أن بركات بوذا هي التي تمنع الصخرة من التدحرج والانقلاب. يلصق البوذيون المؤمنون أوراق الذهب على الصخرة تعبيراً عن تقواهم.

الشجرة الصخرية

تنتصب الشجرة الصخرية في بوليفيا كشجرة حقيقية توقف نموها بين الكثبان الرملية في منتزه أفارونا الوطني الواقع في إقليم ألتيبلانو في الأنديز. وهي هضبة عالية جداً وفي الوقت نفسه منطقة تصريف مياه داخلية. نحتت الرياح القوية المحملة بحبات الرمال هذا التشكيل الصخري المنعزل على مدى ملايين السنين وككافة جوانبه مما أعطاه شكل عمود ساحر من الحجر الرملي.

حقائق مهمة

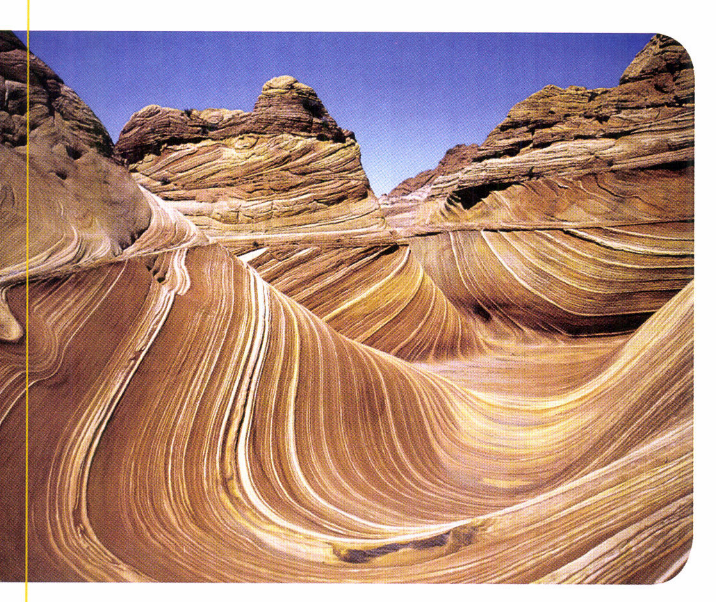
- تعد الصخور الفطرية من أكثر أعمال الطبيعة روعةً. يتم حت هذه الصخور بالتساوي عند القاعدة فينتج عن ذلك أن يتخذ قسمها العلوي شكل مظلة مفتوحة. توجد أمثال هذه التشكيلات في المناطق الصحراوية الصخرية.
- مداخن الجنيات أو الهودو هي نواتئ رفيعة وعالية ترى في أحواض التصريف الجافة. يبلغ طول بعضها 45 متراً. وتتشكل غالباً من صخور رسوبية أو نارية.

الأبراج المستدقة

الأبراج المستدقة هي تشكيلات طبيعية من الحجر الجيري نشأت من أصداف بحرية قبل 25.000–30.000 عام. تراجع البحر مخلفاً وراءه رسوبات من الأصداف البحرية. ما أن تفتت هذه الأصداف إلى رمال غنية بالكلس حتى جرفتها الرياح القوية إلى داخل اليابسة مشكلةً منها كثباناً عاليةً، يبلغ طول بعضها 5 أمتار. أدت الأمطار مع الزمن إلى ترشيح وتمليط هذه الكثبان إلى حجر جيري طري. وهي تقع اليوم في منتزه نامبونغ الوطني في أستراليا.

التموجات

التموجات هي تشكيلات رائعة من الحجر الرملي تقع على منحدرات كويوته بيوتس بالقرب من حدود ولايتي أريزونا ويوتا الأميركيتين. يصل ارتفاع التشكيل إلى 107 أمتار في بعض الأماكن. تشكلت هذه الأجران الملونة المتموجة في العصر الجوراسي. نحتتها في البداية مياه الأمطار الجارية نحو الداخل، أما اليوم فالحت بمجمله من عمل الريح. وقد نتجت هذه التراكيب الموجية من الحت التمايزي. ففي الكثير من أجزائها تكون حوافها هشة وعرضةً للحت السريع. وقد اكتشفت على حجارتها آثار أقدام ديناصورات ومفصليات أرجل التي تقطن الصحراء كالخنافس والحشرات الأخرى.



صخرة التفاحة المشطورة

صخرة التفاحة المشطورة هي جلمود غرانيتي في خليج تازمان بالقرب من ساحل نيوزيلندا الشمالي. وهو يبدو كتفاحة قسمت في منتصفها. بحسب أساطير الماوري كان إلهان يتشاجران على أحقية كل منهما بالتفاحة، وقررا أخيراً أن يشطراها ويأخذ كل منهما النصف. ولكن الأدلة الجيولوجية تبين أن هذه الصخرة قد شطرت في العصر الجليدي حين تسرب الماء إلى أحد شقوقها وتجمد مشكلاً ضغطاً على جوانب الشق فانفلعت الصخرة في منتصفها. أثناء انحسار المد يمكن الوصول إليها سيراً على الأقدام، وتعد نقطة جذب سياحي مهمة.

الذهب

الذهب هو أكثر المعادن المطلوبة في العالم وعبر جميع العصور. أثار الذهب إعجاب الناس منذ الحضارات القديمة في العالم كالفينيقيين والهارابا والصينيين وحتى العالم الحديث حين أصبح يسكب في سبائك ويستخدم في الحلي المشغولة آلياً. وقد جعلته خصائصه في المطواعية العالية وعدم التلطخ بأن يصبح من أكثر المعادن التي يمكن أن تنقش عليها التصاميم المعقدة. كان الذهب يعد المخزون الآمن للثروة على مدى آلاف السنين، وكانت الدول المختلفة تحتفظ باحتياطيها منه على شكل قضبان وسبائك ذهبية.

تشكيل الذهب

خلافاً للاعتقاد السائد لا يتبرد الذهب فوراً من حالته المصهورة. يتشكل الذهب عميقاً في القشرة الأرضية، ويسيل من الصخور الحارة الموجود فيها على شكل محلول مع عناصر أخرى. يصعد الذهب نحو الأعلى حيث المناطق الأبرد والضغط الأقل بالقرب من سطح الأرض. ثم يبدأ الذهب في التبلر ويصبح غير قابل للانحلال. غالباً ما تحيط به كتل من الكوارتز الأبيض. ولكون الذهب عنصراً مستقراً في مختلف الظروف فإن رسوبات فلزاته توجد في مختلف أنحاء العالم. ويمكن أن توجد عروق الذهب في الغرانيت أو الصخور البركانية أو مناطق الأردواز الأسود.

أنواع الذهب

يوجد الذهب في مختلف الأشكال: شذرات لا منتظمة وقشور وصفيحات وعروق. يمكن أن يكون مجهرياً أو ضمن تكسرات كبيرة أو كتل إسفنجية. يتبلر الذهب في شكله المكعب، وربما كانت أكثر أنواعه المعروفة هي ثمانيات الأوجه. توصف أكثر أنواعه السائدة بذهب الأسلاك وذهب المسامير وذهب الخردل وذهب الطلاء. تسمح طراوته بخدشه بسهولة بحبيبات أخشن، كما تسمح مطواعيته بحنيه ولفه بدلاً من كسره. بعد أن يتم حت المواد المحيطة به ينجرف الذهب حيث يستقر في التربة وقيعان الأنهار.

حقائق مهمة

- تدعى أكبر شذرة ذهب مكتشفة "ولكم سترينجر"، وقد عثر عليها في مولياغول بمقاطعة فكتوريا الأسترالية.
- الهند هي أكبر مستهلك للذهب في العالم، وهي تشتري 25٪ من ذهب العالم في العام.





الاستخدامات المعروفة للذهب

أكثر استخدام للذهب هو صناعة الحلي. فقد كان هناك طلب على هذا المعدن منذ أقدم العصور بسبب لمعته وخاصية مطواعيته ومطيليته. أدت ندرة وجوده إلى جعله معدناً ثميناً ونبيلاً. وقد استخدم الذهب عبر التاريخ كأحد أشكال العملة إلى أن بدأت العملة الورقية في التداول خلال القرن السابق. ولكن التقلبات العالمية للعملة جعلت الذهب شكلاً جيداً من أشكال الاستثمار. تحوي المصارف عبر العالم احتياطي من الذهب ضد تقلبات العملات.

الذهب في الصناعة

كانت أوراق الذهب تستخدم قبل 3000 عام في ملأ الفراغات السنية، فقد كان الذهب معدناً مفيداً للاستخدام في حشو الأضراس وتركيب التيجان والجسور السنية. ومع ارتفاع أسعار الذهب ووجود البدائل الأرخص ما يزال الذهب مفضلاً بسبب خاصيته الخمولية غير المسببة للتحسس. يستخدم الذهب أيضاً في الهواتف الخلوية الحديثة حيث تصنع منه النواقل والمحولات والمرحّلات مما يصون الهواتف من التآكل. كما يمكن أن يوجد في لوحة المفاتيح والحاسوب المحمول على شكل مأخذ للوصلات لتركيب المعالج المكروي أو رقاقات الذاكرة. تحوي الكثير من الأجهزة على الذهب كجهاز التموضع العالمي GPS والآلات الحاسبة والساعات المنبهة حتى الأجهزة الكبيرة كسخان الميكرويف والغسالة الأوتوماتيكية والتلفاز تحوي جميعها نزراً يسيراً من الذهب. يوجد الذهب في مختلف الوسائل الإلكترونية الصغيرة تقريباً.

استخداماته الأخرى

يستخدم الذهب على نطاق واسع في الطب ووسائل الرعاية الصحية على نطاق واسع. فهو يستخدم في علاج التهاب المفاصل على شكل حقن أملاح الذهب. وتزرع الجسيمات الدقيقة من الذهب المشع في الأنسجة لعلاجها من بعض الأورام السرطانية. ويستخدم الذهب في علاج التوتر الجفني، وهو مرض نادر لا يستطيع فيه المريض إغلاق جفنيه ، بغرس أثقال ذهبية جراحياً في الجفن. تحوي المعدات الجراحية وأجهزة دعم الحياة وضابط نبضات القلب على الذهب بسبب طبيعته اللاتفاعلية التي يمكن الاعتماد عليها. ويستخدم في الأشعة السينية والتخطيط فوق الصوتي والفحص بالكاتسكان والرنين المغنطيسي. وبسبب مقاومته للعدوى الجرثومية فيمكن استخدامه لزراعة الأذن الداخلية ومكبرات الأصوات وأسلاك ضابط نبضات القلب لدى الأطفال.

تعريفات

الاتزان الكربوني : الحفاظ على الكمية الإجمالية للكربون الموجودة في الغلاف الجوي.

الاستخلاص : الحصول على شيء (معدن أو عنصر) من مادة (فلز أو مركب) بإجراء عمليات فيزيائية أو كيميائية على تلك المادة.

الاستشعار عن بعد : استكشاف وقياس الأشياء من مسافات بعيدة.

الأكسدة : الاتحاد مع الأكسجين أو التعرض لتفاعل كيميائي معه.

الاندساس : عملية جيولوجية تنزلق فيها حافة إحدى الصفائح الجيولوجية تحت حافة صفيحة أخرى.

الأيض : العمليات الكيميائية الضرورية للحياة التي تحدث داخل خلية حية أو كائن حي.

بدائي : لم يتطور كثيراً من حالته الأصلية.

بلاد ما بين النهرين : منطقة في جنوب غرب آسيا تقع بين نهري دجلة والفرات (العراق وسورية حالياً) وكانت مهداً لحضارات قديمة.

البلورات مزدوجة الوجه : بلورات تتألف من وجهين من الرقاقات بحيث يمكن شطرها شطراً حاداً ودقيقاً من كلا جانبيها.

بلوري : بارز المعالم ونافذ أو عاكس للضوء.

التضاريس الكارستية : تتشكل في المناطق الغزيرة الأمطار التي تتألف صخورها من الكالسيوم والكربون كالدولوميت والجبس.

تقشر الصخور : عملية تعري الطبقات الخارجية للصخور.

التنبؤ : تخمين المستقبل اعتماداً على أدلة من الماضي والحاضر.

الجبل الجزيري : تلة صخرية منعزلة ترتفع بشكل بارز في سهل مستوٍ.

الجيوفيزياء : دراسة الخصائص الفيزيائية للأرض والعمليات الفيزيائية التي تحدث عليها أو فوقها أو داخلها وتشمل علوم الزلازل والمغنطيسية الأرضية والأرصاد الجوية والمحيطات.

الجيوكيمياء : الجيولوجيا والكيمياء المتعلقين بالتركيب والتفاعلات الكيميائية التي تحدث في الأرض أو الأجرام الفضائية الأخرى.

الجيولوجيا التاريخية : دراسة التغيرات التي تطرأ على مكان أو منطقة عبر الزمن.

الجيولوجيا المائية : فرع من الجيولوجيا يدرس المياه الجوفية والسطحية.

الجيومورفولوجيا : فرع من الجيولوجيا يدرس بنية ونشأة وتطور التضاريس على سطح الأرض.

حُبَيبي : خشن الملمس وبحجم حبة الأرز أو القمح.

الحدود المتباعدة : ابتعاد حدود الصفائح التكتونية عن بعضها مما يؤدي إلى خسف الأرض على اليابسة وظهور قاع محيطي جديد تحت الماء.

الحدود المتقاربة : اقتراب حدود الصفائح التكتونية من بعضها مما يؤدي إلى انضغاط الصخور وطيها ودفعها نحو الأعلى.

الحقبة : فترة من الزمن الجيولوجي ذات مواصفات وأحداث متميزة، وتقسم الحقبة عادةً إلى عصرين أو أكثر.

الحقل المغنطيسي : النطاق الفراغي الحاوي على قوة مغنطيسية ويقع بالقرب من مغنطيس أو تيار كهربائي أو جسيم ذو شحنة متحركة.

الحين : إحدى وحدات الزمن الجيولوجي وتتشكل فيها سلسلة من الصخور.

خبث المعادن : نفاية أو فضالة المعادن المتبقية بعد الصهر أو استخلاص المعدن النقي.

الدهر : أطول فترة في الزمن الجيولوجي وتحوي على حقبتين أو أكثر.

دينامي : في حالة من الحركة المستمرة.

الريوليت : صخور بركانية غنية بالسيليكا وفقيرة بالحديد والمغنيزيوم تشكل حمماً بركانية شديدة اللزوجة.

الزخم : القوة الدافعة في الأجسام المتحركة.

السائد : الأكثر انتشاراً، الرئيس.

الصخور المتكتلة : صخور تتألف من مزيج من المركبات المعدنية التي يمكن فصلها بوسائل ميكانيكية.

عرائشي : تشكيل شبكي يحوي على فراغات مفتوحة.

العصر الأيوسيني : المرحلة الثانية من العصر الثلثي، ودامت 20 مليون عام، وقد ظهرت فيها الثدييات ذوات الحوافر.

علم الإحاثة : دراسة الأحفورات لمعرفة بنية وتطور الحيوانات والنباتات المنقرضة وعصر وظروف رسوبات الطبقات الصخرية التي وجدت فيها.

علم التعدين : علم يبحث في العمليات المتبعة لاستخلاص المعادن من فلزاتها وتنقيتها وصنع الأشابات منها ودراسة تركيبها وخواصها.

علم الجليد : دراسة توزع وخصائص وآثار المَجلدات أو الأنهار الجليدية.

علم الصخور : فرع من الجيولوجيا يبحث في أصل وتركيب وبنية وتحول الصخور.

علم الطبقات : دراسة أصناف الطبقات الجيولوجية والعلاقة فيما بينها وأسباب تشكلها.

علم المعادن : الدراسة العلمية للمركبات المعدنية وتركيبها وخصائصها وأماكن وجودها.

غوندوانا : القسم الجنوبي من اليابسة الذي انفصل عن قارة بانجايا العظمى.

غير عضوي : لا يحوي على صفات الكائنات الحية.

غير مستقر : غير ثابت، متغير أومتحول.

المَجمَع : نقطة التقاء نهرين.

مجهري : أصغر من أن يرى بالعين المجردة.

مخاطرة : خطر محتمل.

مصهور : متحول إلى سائل بفعل الحرارة.

المغذيات : المواد التي توفر الغذاء لأجل النمو والأيض.

مكامن ديكان : رسوبات بازلتية ضخمة في الجزء الغربي من الهند.

الموجات الرجفية : اهتزازات في القشرة الأرضية تنتج عن الزلازل.

النطاق المؤكسد : هي المنطقة في باطن الأرض التي يتسرب إليها الماء ليصل إلى الصخور الحاوية على فلزات معدنية كبريتية.

النقل الحراري : انتقال الحرارة في غاز أو سائل بدوران التيارات الحارة من منطقة إلى أخرى.

الفهرس

خ

د

ذ

ر

ز

س

ش

ص

ض

ط

ع

غ

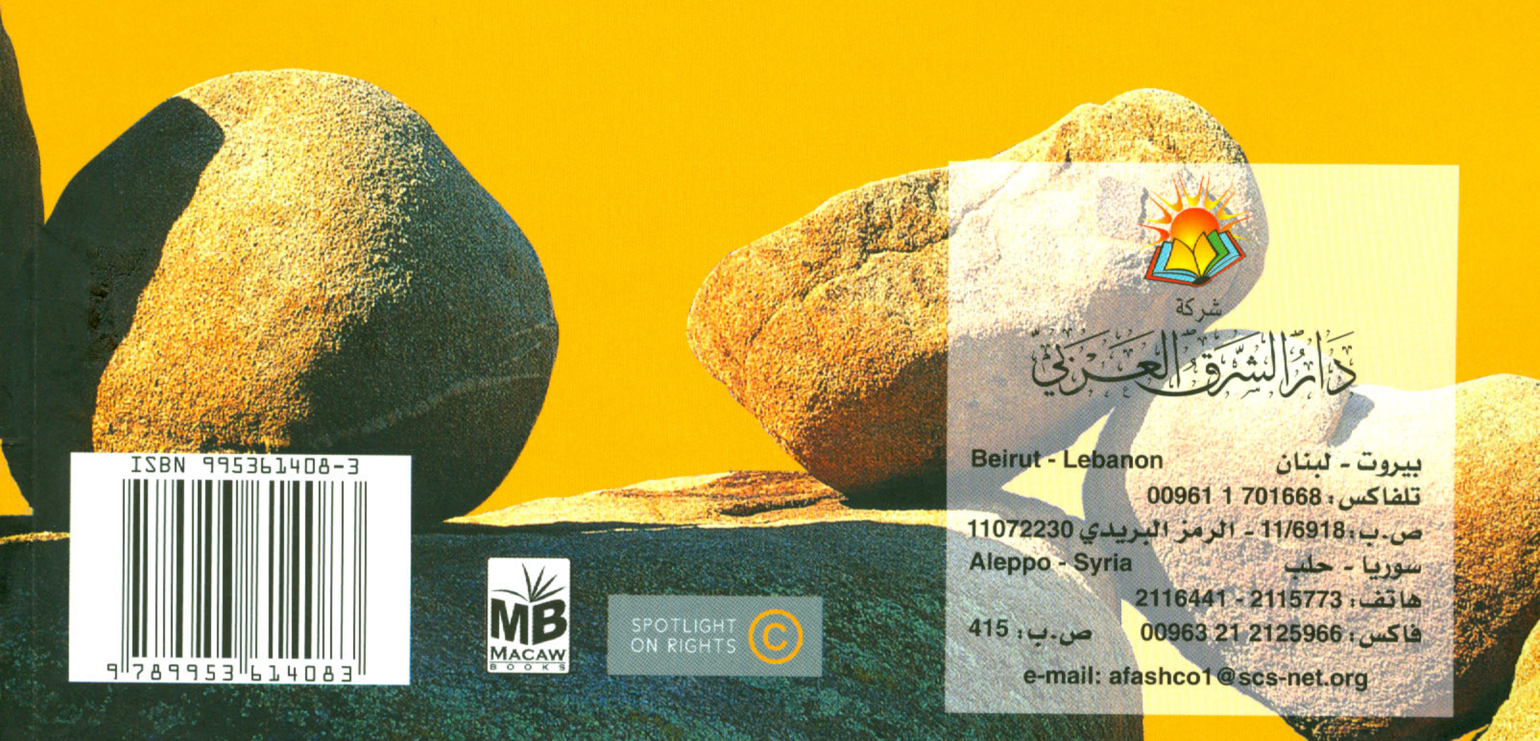
أطلس

الصخور والمعادن



أطلس
الصخور والمعادن

يغطي **أطلس الصخور والمعادن** الموضوعات التي يحتاجها كل قارئ يريد التبحر في علم **الصخور والمعادن** بأسلوب منهجي لا يخلو من الفائدة والمتعة، وذلك من خلال النصوص التفصيلية المبسطة والصور الملونة المميزة التي تكسب الكتاب حلة قشيبة قلما توجد في الكتب الأخرى.



ISBN 995361408-3
9789953614083

شركة
دار الشرق العربي
بيروت - لبنان Beirut - Lebanon
تلفاكس: 00961 1 701668
ص.ب: 11/6918 - الرمز البريدي 11072230
سوريا - حلب Aleppo - Syria
هاتف: 2115773 - 2116441
فاكس: 00963 21 2125966 ص.ب: 415
e-mail: afashco1@scs-net.org